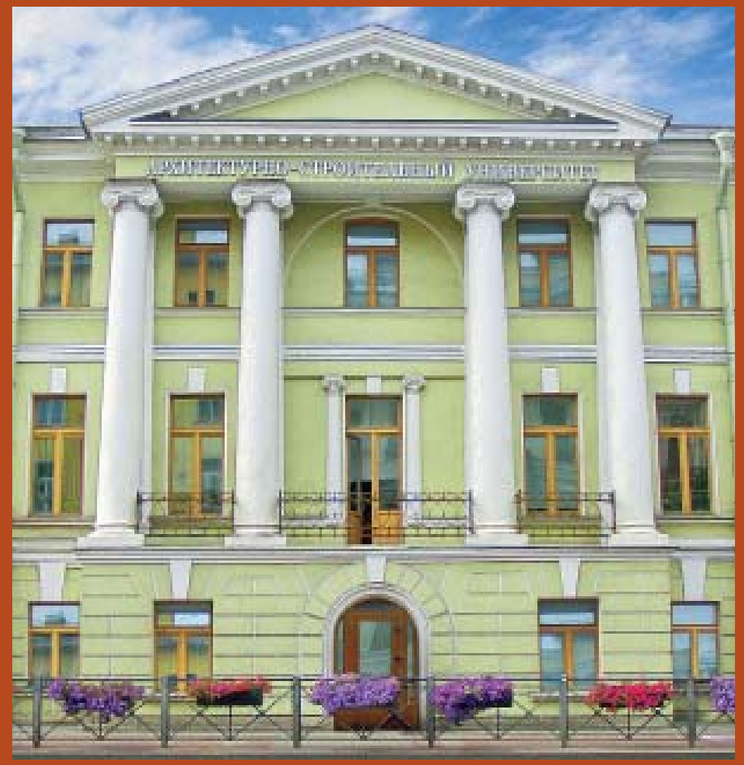
АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ



Часть II

ТРАНСПОРТНЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2016

ТРАНСПОРТНЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Ч. II

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ

Материалы 72-й научной конференции профессоров,
преподавателей, научных работников, инженеров
и аспирантов университета

5–7 октября 2016 г.

Часть II

ТРАНСПОРТНЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Санкт-Петербург
2016

УДК 378.1:001.83(063)

Рецензенты:
д-р архит., зав. кафедрой архитектурного и градостроительного наследия,
декан архитектурного факультета С. В. Семенцов (СПбГАСУ)
канд. техн. наук, доцент кафедры архитектурно-строительных конструкций,
декан строительного факультета А. Н. Панин (СПбГАСУ)
канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой городского хозяйства, геодезии, землеустройства
и кадастров, декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства
Е. А. Шестеров (СПбГАСУ)
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой наземных транспортно-технологических машин,
декан автомобильно-дорожного факультета С. А. Евтюков (СПбГАСУ)
д-р экон. наук, доцент кафедры управления,
декан факультета экономики и управления Г. Ф. Токунова (СПбГАСУ)
д-р юрид. наук, профессор, зав. кафедрой теории и истории государства и права,
декан факультета судебных экспертиз и права в строительстве и на транспорте
В. М. Чибинев (СПбГАСУ)

Архитектура – строительство – транспорт: материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. 5–7 октября 2016 г.: [в 3 ч.]. Ч. II. Транспортные и инженерно-экологические системы; СПбГАСУ. – СПб., 2016. – 275 с.

ISBN 978-5-9227-0643-8
ISBN 978-5-9227-0693-3

В сборнике представлены статьи участников 72-й научной конференции ученых Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия*:*

Е. Б. Смирнов (председатель)
А. И. Сарыгулов
А. В. Квитко
Ф. В. Перов
С. Г. Головина
А. В. Кудрявцев
Р. А. Мангушев
М. М. Орехов
А. Г. Вайтенс
Е. М. Смирнова
С. В. Бочкарева
М. В. Процуто
Г. Г. Кельх
И. Ю. Лапина
Г. В. Якунина
В. М. Петров
С. С. Шувалова
А. К. Моденов
С. Н. Никифоров
Г. Е. Русанова
Г. А. Задонская
А. Ф. Юдина
Т. А. Дацюк
В. И. Морозов
Д. В. Иванов
В. Ф. Васильев
И. О. Черняев
Ю. В. Пухаренко
В. В. Цаплин
А. И. Солодкий
А. А. Петров
Э. П. Григонис
А. В. Караван
В. В. Асаул
Е. Г. Гужва
В. В. Резниченко

ISBN 978-5-9227-0643-8
ISBN 978-5-9227-0693-3

© Коллектив авторов, 2016
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

СЕКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ

Карпов Б. Н., Квитко А. В., Петухов П. А. Эффективное конструктивно-технологическое решение для земляного полотна на слабом основании ……...7
Квитко А. В. Совершенствование подготовки специалистов в области автодорожного мосто- и тоннелестроения. Проблемы подготовки и пути их решения ……...12
Мухаррямов И. Р. Классифицирование промышленных отходов для возможного использования отдельных видов в дорожной отрасли ……..18
Семенов Д. А. Блочные покрытия, особенности применения ……..22
Судомоин А. С. Проблемы классификации и терминологии в сфере проектирования, строительства и эксплуатации мостовых сооружений ……..25

СЕКЦИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Гордиенко В. Е., Абросимова А. А. Некоторые особенности влияния дефектов на работоспособность сварных соединений металлоконструкций ……..31
Гордиенко В. Е., Трунова Е. В. Моделирование процесса разрушения сварных металлических конструкций, длительно эксплуатируемых в коррозионных средах ……35
Грушецкий С. М., Орлов Д. С. Исследование и аудит мест концентрации ДТП ……...39
Доброборский Б. С., Медрес Е. Е. Особенности функционирования ручных пневматических отбойных молотков с подвижным корпусом ……46
Евтюков С. А., Брылев И. С. Уточненная методика реконструкции ДТП по параметрам процесса торможения мотоциклов ……..49
Кобзов Д. Ю., Губанов В. Г. О разгрузке гидроцилиндра повышенного типоразмера …….55
Кобзова И. О. О направляющих качения гидроцилиндра ……59
Подопригора Н. В. Система консолидации данных при реконструкции и экспертизе ДТП ……65
Репин С. В., Головко В. А. Исследование процессов функционирования мобильного пункта государственного технического осмотра ……...68
Сизиков В. С. Определение параметров виброперемещения слоя сыпучей среды двумя противофазно колеблющимися транспортирующими рабочими органами ……..72
Чмиль В. П. Защита карданных передач колесных машин ……78

СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Воробьев С. А., Филиппов К. П. Моделирование влияния технико-эксплуатационных характе-ристик на интенсивность отказов автотранспортных средств ……..81
Глазков В. Ф. Концепция построения инфраструктуры автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в Санкт-Петербурге ……..86
Джерихов В. Б. Электромагнитная регенерация (очистка) отработанных автомобильных смазочных масел ……90
Мешечко Т. А. Методика профессиональной аттестации преподавателей автошкол ……..94
Назаркин В. Г. Научные знания о ремонте машин ……...97

Николов В. П., Веревкин Н. И. Основы методики оптимизации эксплуатационных свойств городских автобусов ……..101
Подольский Н. И. Особенности нормирования и контроля вредных (загрязняющих) веществ на автомобильном транспорте ……105
Попов А. В. Повышение параметров смазывающих свойств обводненных моторных масел …...110
Черняев И. О. Оценка влияния технического состояния атс на выбросы с отработавшими Газами ……..114
Шлапоберский А. А. Применение современных композиционных материалов в автомобилестроении и авторемонте ……...117

СЕКЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Белов А. В. Принципы классификации моделей транспортных потоков ……121
Котиков Ю. Г. Картографический базис моделирования Усть-Лужского мультимодального комплекса в среде ГИС ……...126
Сафиуллин Р. Н., Чудиновских В. Ю. Экспериментальные исследования условий и результатов использования генератора тяжелых частиц Козырева на ДВС автомобильной техники ……128
Солодкий А. И. Классификация проектов для разработки ПОДД, КСОДД и АСУДД ……...134

СЕКЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ

Бакешин К. П. Дифференцированный подход и критерии оценки физической подготовленности студентов ……139
Вольский В. В. Экономика в разделе физического воспитания и физического развития студентов ВУЗов ……142
Гетьман В. Д. Социально-психологическое развитие личности в условиях физкультурной Деятельности ……...145
Лешева Н. С., Гринева Т. А., Луткова Н. В. Особенности формирования двигательного навыка на занятиях аэробикой ……...149
Токарева А. В., Миронова О. В. Фитбол-гимнастика для студентов специальной медицинской группы ……..153

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Ким А. Н., Романова А. Ю. Реализация принципа сверхскоростного фильтрования в установке УМВ-8 с фильтрующими патронными элементами ……...157
Корчажнова Н. С., Морозова В. Ю., Самонин В. В. Влияние ультрафиолетового облучения компонентов сорбционной системы на адсорбцию d-элементов активированным углем ……..161
Логинов А. А. Эффективность работы первичных отстойников в режиме химического удаления фосфора из сточных вод ……165
Макарова С. В. Экологические проблемы северной куротной зоны восточной части Финского залива ……..169
Малков А. В., Васильев В. М. Теоретическое исследование, расчет количества газообразной среды, движущейся в самотечных канализационных коллекторах глубокого заложения под действием увлекающей способности жидкости ……...174
Матюшенко Е. Н., Белозёрова Е. С., Нагорная Т. В., Гейсаддинов Т. И. Возможные способы удаления фосфора из сточных вод……183
Михайлов А. В., Ким А. Н., Продоус О. А. Проблемы защиты водоемов от загрязненных поверхностных стоков с урбанизированных территорий ……...187
Столбихин Ю. В. Существующие конструкции камер гашения напора на канализационных сетях и их недостатки ……191

СЕКЦИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА, ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

Волков А. В., Орехов М. М. Использование отечественных геоинформационных технологий в эффективной подготовке бакалавров и магистров направления «Землеустройство и кадастры» ……..195
Волков А. В., Орехов М. М. Методика определения кренов и осадок зданий исторического центра Санкт-Петербурга с использованием автоматизированных геодезических комплексов ……..198
Волков А. В., Орехов М. М. Методика постановки на кадастровый учет земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга с применением комбинированного метода определения координат характерных точек таких земельных участков ……...203
Курбанова Л. К. Исследование возможностей программного продукта Topocad при камеральной обработке результатов геодезических измерений ……207
Манацкова О. А. Возникновение каменных храмов в структуре исторических городов Западной Сибири ……210
Фомин И. Н. Влияние ионосферы на точность спутниковых измерений ……213

СЕКЦИЯ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Калинич И. В., Смольников Г. В., Сакаш Г. В. К расчету при проектировании систем вентиляции в конвейерных галереях горнообогатительных комбинатов ……216
Уляшева В. М., Рябев Г. А. Численное моделирование теплообмена через полы на грунте ……..221

СЕКЦИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Георгиади В. В., Савин С. Н. Диссипации энергии волн в строительных ограждающих Конструкциях ……..229
Горохов В. Л., Цаплин В. В., Маяков А. Н. Разработка непараметрических статистик в многомерных гидрологических временных рядах для когнитивного обнаружения аномалий ……..231
Милохов В. В., Цаплин В. В. Оценка траектории движения аэрозолей в процессе аспирации ….233
Панов С. Н., Цимберов Д. М. К вопросу локально-правовой политики промышленного предприятия в сфере охраны труда ……...238
Савин С. Н. Исследование причин повышенного уровня вибраций несущих конструкций сооружений горно-обогатительного комбината ……..240
Смирнова Е. Э. Рекультивация полигона «Красный Бор» – обеспечение экологической безопасности Санкт-Петербурга ……...244

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Воронков Б. Н. Защитное заземление электрооборудования зданий ……246
Дмитриева О. С. Разработка системы охлаждения трансформаторов с применением термоэлектрических преобразователей ……249
Епишкин А. Е. Исследование динамики двухроторной вибрационной установки со скрещенными дебалансами ……...251
Кузнецов В. В., Рудецкий С. В., Рукобратский Н. И. Комплекс оборудования подготовки воды для заливки ледового катка ……..255
Резниченко В. В., Демидов А. В. Использование мультипликационного редактора Multifusion в учебном процессе ……258
Резниченко В. В., Демидов В. П., Демидов Г. В. Измерения электрических показателей в строительных сетях при нелинейной нагрузке ……261
Томчина О. П., Горлатов Д. В. Управление трехроторной виброустановкой при обработке сыпучих стройматериалов с нестационарной массой ……266
Шарякова О. Л., Шаряков В. А. Экономичный электропривод эскалатора ……271

СЕКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, МОСТОВ И ТОННЕЛЕЙ

УДК 625.731

Борис Николаевич Карпов, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Александр Владимирович Квитко, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Павел Александрович Петухов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: kafedra-ad@yandex.ru, kvitko.67.67@mail.ru, petukhov.pavel17@gmail.com

Boris Nikolaevich Karpov, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Alexandr Vladimirovich Kvitko, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Pavel Alexandrovich Petukhov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kafedra-ad@yandex.ru, kvitko.67.67@mail.ru, petukhov.pavel17@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СЛАБОМ ОСНОВАНИИ

EFFECTIVE STRUCTURAL ENGINEERING SOLUTION FOR EARTH WORK ON A WEAK BASE

В рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 транспортная инфраструктура г. Санкт-Петербурга интенсивно развивается. В настоящее время ведется строительство продолжения наб. Макарова от Адмиральского проезда до ЗСД. Вследствие сжатых сроков, отведенных на строительство в сложных инженерно-геологических условиях, проектировщикам и строителям приходится сталкиваться с некоторыми сложностями. В статье рассматривается вопрос применимости эффективной технологии ускорения консолидации возводимого земляного полотна. Суть заключается в использовании при строительстве вертикальных ленточных дрен Colbonddrain CX 1000. Устройство вертикальных дренажных лент позволяет повысить отток воды, снять гидростатическое и поровое давление и ускорить процесс консолидации, что в свою очередь, существенно повышает устойчивость основания сооружаемой насыпи.

Ключевые слова: геодрены, слабое основание, геосинтетика, консолидация, ленточный дренаж, вертикальные дрены, чемпионат мира по футболу 2018.

Within the framework of preparing to 2018 FIFA World Cup, the transport infrastructure of Saint Petersburg is intensively developing. At the moment, prolongation of the Makarov embankment from Admiralteyskiy Proezd to the Western High-Speed Diameter is being constructed. Due to short deadlines for construction in complex engineering and geological conditions, design engineers and builders face some difficulties. The article analyzes the applicability of an effective technology for enhancing consolidation of the constructed earth work. The point is to use vertical strip Colbonddrain CX 1000 geodrains in construction. The construction of vertical strip geodrains allows increasing the outflow of water, relieving hydrostatical and pore pressure and enhancing soil consolidation, which, in turn, considerably increases the steadiness of the created fill base.

Keywords: geodrains, weak base, geosynthetics, consolidation, strip drain, vertical drains, 2018 FIFA World Cup.

В рамках исполнения постановлений Правительства Санкт-Петербурга № 379 от 14.04.2009 г. «О совершенствовании и развитии дорожного хозяйства Санкт-Петербурга до 2015 года» и № 233 от 4 апреля 2014 г. «О программе подготовки Санкт-Петербурга к проведению в 2018 году чемпионата мира по футболу на 2014–2018 годы», в настоящее время ведется строительство нового участка **наб. Макарова от Адмиральского проезда до Западного скоростного диаметра (ЗСД)** (рис. 1). Технические параметры строящегося объекта представлены в табл. 1.

Рис. 1. Строительство наб. Макарова от Адмиральского проезда до ЗСД

Таблица 1

Основные технические параметры строящегося объекта

Категория дорог	Магистральная улица общегородского значения регулируемого движения
Расчетная скорость движения:	80 км/ч
Число полос движения	4–6 шт.
Ширина полосы движения	3,50 м
Ширина тротуаров	3,00 м
Ширина центральной разделительной полосы	3,00 м
Наибольший продольный уклон	19,77 ‰
Протяженность дороги	805,3 м

В ходе реализации данного проекта Заказчиком были поставлены сжатые сроки на выполнение работ (срок реализации 2015–2016 гг.), что продиктовано интенсивной подготовкой к проведению в 2018 г. чемпионата мира по футболу.

Однако при проведении инженерно-геологических изысканий было выявлено, что в пределах площадки строительства грунты представлены техногенными образованиями (насыпными грунтами слежавшимися, озерно-морскими отложениями, включающими пески пылеватые рыхлые, влажные и насыщенные водой (с модулем деформации 5 МПа), илы суглинистые текучей консистенции тиксотропные (с модулем деформации 4,6 МПа) и суглинки легкие пылеватые и тяжелые пылеватые текучей консистенции, ленточными тиксотропными (с модулем деформации 5 МПа). На основании анализа полученных данных отмечена существенная неоднородность грунтовых условий в плане и по глубине, повсеместное распространение слабых грунтов, наличие тиксотропных свойств у большинства глинистых грунтов. Согласно п. 1.1 [1], к слабым грунтам следует относить связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки при нагрузке 0,25 МПа более 50 мм/м (модуль деформации ниже 5 МПа).

На стадии разработки проектно-сметной документации проектировщиками были проведены расчеты и получены следующие результаты:

- Устойчивость основания насыпи при высоте более 6 метров не обеспечена.
- Величина осадки насыпи составит до 132 сантиметров.

- Время достижения 90 % консолидации в зависимости от высоты насыпи достигнет 51 года.

- Нормативная скорость осадки 2 см/год будет достигнута лишь через 9 лет после отсыпки насыпи земляного полотна.

В соответствии с действующими нормами п. 1.7 [1], капитальные покрытия можно устраивать после завершения не менее 90 % расчетной осадки или при условии, что средняя интенсивность осадки за месяц, предшествующий устройству покрытия, не превышает 2 см/год.

В случае возведения земляного полотна без применения комплекса мероприятий, обеспечивающих устойчивость основания и ускорение его осадки, прочность дорожной одежды, сооружаемой на таком земляном полотне, невозможна и не обеспечивает выполнение обязательств по срокам реализации строительства в 2015–2016 гг., что неприемлемо в связи с установленными директивными сроками строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Для определения конструкции земляного полотна на слабых грунтах были проведены следующие расчеты:

1. Проверка устойчивости основания насыпи земляного полотна. Расчеты устойчивости с учетом армирования выполнены по ломаным, плоским и круглоцилиндрическим поверхностям скольжения.

2. Определение величины осадки. При консолидации слабых грунтов под весом насыпи, будет происходить осадка основания насыпи земляного полотна. Для определения ее значения использовалась методика по общему модулю деформации.

3. Прогноз длительности завершения осадки.

В ходе проектирования были рассмотрены мероприятия, исключающие осадку (безосадочная насыпь), ускоряющие время консолидации основания, уменьшающие осадку основания земляного полотна.

С целью обеспечения несущей способности основания, увеличения сроков консолидации грунта основания, а также с целью минимизации затрат на строительство были рассмотрены следующие варианты:

- устройство легкой насыпи с использованием пенополистирольных блоков;
- устройство вертикальных ленточных дрен (рис. 2);
- устройство временного пригруза;
- усиление основания железобетонными буронабивными сваями.

Для определения оптимального варианта было выполнено технико-экономическое сравнение вариантов конструкций усиления основания. Рекомендуемый вариант является устройство вертикальных ленточных дрен.

На основании проведенных расчетов несущей способности основания насыпи, в основу проектного решения на участке залегания слабых грунтов положен принцип использования слабого грунта в качестве основания насыпи с применением комплекса мероприятий, обеспечивающих устойчивость основания и ускорение его осадки, а также прочность дорожной одежды, сооружаемой на таком земляном полотне.

С целью обеспечения устойчивости земляного полотна и уменьшения сроков консолидации основания насыпи проектом предусматриваются следующие мероприятия по усилению грунтов основания насыпи и обеспечению ее несущей способности:

- устройство вертикальных ленточных дрен типа Colbonddrain CX 1000, с расстоянием между дренами в ряду 1,2 м и глубиной установки дрен 20 м.

- для обеспечения устойчивости земляного полотна предусматривается армирование насыпи слоями высокопрочного плетеного геотекстиля с долговременной прочностью от 252 кН/м до 641 кН/м и слоями одноосных георешеток с долговременной прочностью не менее 35 кН/м.

Для завершения интенсивной части осадки основания насыпи в соответствии с п. 6.42 [2], рассмотрен вариант устройства вертикального ленточного дренажа из дрен типа Colbonddrain CX 1000 (рис. 2).

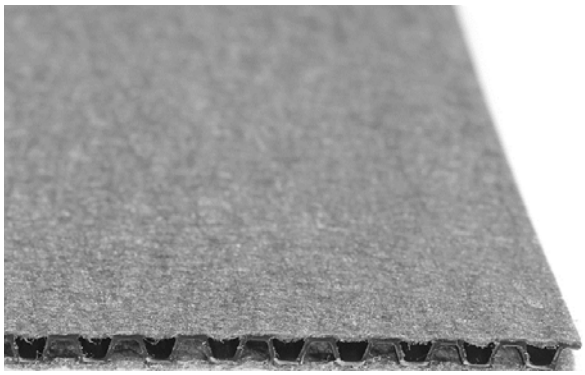


Рис. 2. Общий вид геодрен типа Colbonddrain CX 1000

Устройство вертикальных дренажных лент позволяет повысить отток воды, снять гидростатическое и поровое давление и ускорить процесс консолидации, что, в свою очередь, существенно повышает устойчивость основания сооружаемой насыпи (рис. 3). Основным преимуществом устройства вертикальных дрен в данных геологических условиях является быстрое увеличение сопротивления сдвигу грунтов основания.

При коэффициенте консолидации 2,05 м^2/год, для эффективной работы размещение дрен назначено по треугольной схеме. Расстояние между дренами в ряду 1,2 м (рис. 4). Средняя глубина установки дрен 20 м. определяется подошвой расположения слабых грунтов.

Рис. 3. Выпуски ленточных геодрен в теле земляного полотна (наб. Макарова)

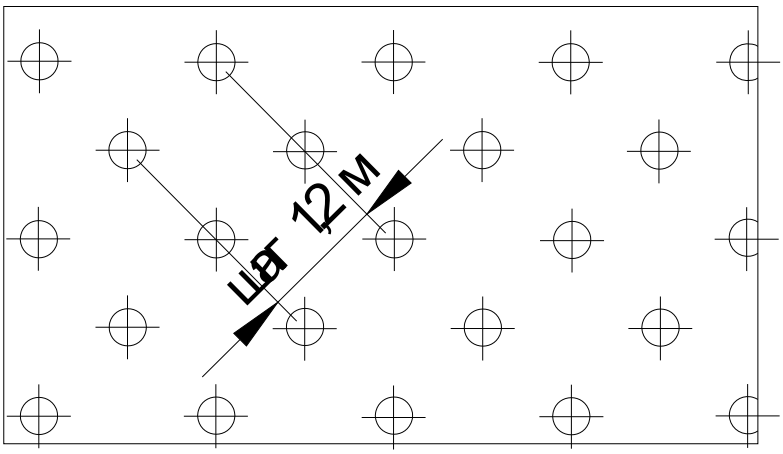


Рис. 4. Схема размещения геодрен

Согласно расчету, интенсивная часть осадки основания насыпи (90 %) завершится через 6 месяцев после отсыпки насыпи до проектных отметок. Требования к ленточным дренам приведены в [1].

В связи с недостаточной несущей способностью основания земляного полотна, при возведении насыпи на слабых грунтах при использовании вертикального дренажа, отсыпку слоев тела насыпи необходимо производить поэтапно, методом предварительной консолидации с технологическими перерывами. В слабых грунтах основания возможно превышение порового давления допускаемых значений, что может привести к выпору грунта основания насыпи. Для контроля этого производится мониторинг за величиной избыточного порового давления и величиной осадки насыпи.

Срок производства работ по устройству вертикальных ленточных дрен с учетом срока консолидации основания насыпи составляет 8 месяцев (2+6), общий срок строительства объекта составит 15 месяцев.

Устройство вертикальных ленточных дрен производится при помощи дренажно-устанавливаемых машин на базе экскаватора Caterpillar 215CLC. В состав работ входит следующее (табл. 2).

Таблица 2

Основные виды работ при устройстве геодрен

01. Разбивка сетки геодрен.	**06.** Наполнение емкости дренажно-устанавливающей машины водой.
02. Заготовка кольев (вешек) в полосе отвода.	**07.** Погружение геодрены на глубину.
03. Перевозка бухт геодрен автопогрузчиком к месту производства работ.	**08.** Подъем иглы.
04. Подноска бухт геодрен вручную.	**09.** Присыпка геодрены грунтом вручную.
05. Подвозка воды поливомоечной машиной на расстояние 5 км.	

Работы по устройству вертикальных ленточных дрен относятся к скрытым видам работ, и подлежат оформлению в установленном порядки актами, где отмечают место установки дрены, глубину погружения, вид и характеристики дрены, возможные отклонения от стандартного режима погружения.

Таким образом, геосинтетические материалы, а в частности, ленточные геодрены, оказываются весьма эффективным решением при возведении земляного полотна на слабых основаниях, с которыми инженерам и строителям приходится довольно часто сталкиваться в жизни.

Литература

1. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах (к СНиП 2.05.02-85) / СОЮЗДОРНИИ Минтрансстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1989. – 192 с.
2. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги. Нормы проектирования (Взамен СНиП 2.05.02-85) / Госстрой России. – Введ. 30.06.03. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 56 с.

УДК 005.051

Александр Владимирович Квитко, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: kvitko.67.67@mail.ru

Aleksandr Vladimirovich Kvitko, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kvitko.67.67@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ АВТОДОРОЖНОГО МОСТО- И ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ. ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

IMPROVEMENT OF SPECIALIST TRAINING IN ROAD CONSTRUCTION AND TUNNELING, PROBLEMS OF SPECIALIST TRAINING AND POSSIBLE SOLUTIONS

Изложены основные проблемы подготовки инженерных кадров в высших учебных заведениях страны для строительства искусственных сооружений дорожно-транспортной инфраструктуры. Дан их полный анализ и предложены пути решения. Проанализирована деятельность кафедры автомобильных дорог, мостов и тоннелей автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ по подготовке инженерных кадров для строительства искусственных сооружений на протяжении последних 10–15 лет. Приведены направления подготовки и специализации подготовки инженерных кадров в области дорожного мостостроения. Показаны взаимосвязи с дорожными проектными и строительными организациями города, раскрыты основные направления взаимодействия с ними по подготовке кадрового состава.

Ключевые слова: мост, инженер, бакалавр, магистр, специалист, федеральный государственный образовательный стандарт, направление подготовки, специализация, магистерская программа, проблема.

Main problems of training engineers at higher educational institutions of the country for construction of artificial structures of the road transport infrastructure are described in the article. Their full analysis is given and possible solutions are suggested. The activity of the Chair of Automobile Roads, Bridges and Tunnels of the Faculty of Automobile and Road Building of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering for the last 10–15 years in training engineers for construction artificial structures is analyzed. Engineering training programs and specializations in bridge construction engineering are described. Relations between road building design and construction organizations of the city are demonstrated. The article describes the main fields of cooperation with these organizations in training of future specialists.

Keywords: bridge, engineer, bachelor, master, specialist, Federal Sate Educational Standard, training program, specialization, master's degree program, problem.

В последние годы резко возросла потребность в специалистах в области автодорожного мосто- и тоннелестроения в связи с крупномасштабными проектами и планами строительства и реконструкции автомобильных дорог, мостов и тоннелей в Российской Федерации (в качестве примеров можно привести вантовый мост через пролив Босфор Восточный). По своим параметрам этот мост с главным пролетом протяженностью 1104 м не имеет аналогов в мире. Помимо рекордного пролета, у этого моста самые длинные ванты и самый высокий пилон. Он является также уникальным по сложности геологических, гидрологических и климатических условий и по срокам его сооружения. Это построенные в последние годы крупные горные автодорожные тоннели на Кавказе, в Олимпийском Сочи, а также протяженные городские автодорожные тоннели в Москве, среди которых Лефортовские тоннели глубокого и мелкого заложения соответственно длиной 3,2 и 2,5 км, два параллельных Серебряноборских тоннеля длиной около 3 км для пропуска автомобилей в верхнем ярусе и поездов метрополитена в нижнем [1]. В 2014 г. введен в эксплуата-

цию уникальный Бугринский мост через реку Обь (сетчатая арка с расчетным пролетом 362 м) в г. Новосибирске проектировки ОАО «Институт «Стройпроек». Мост, ставший символом Сибири. Планируется в кратчайшие сроки построить мост через Керченский залив, который соединит республику Крым с материковой частью России).

В связи с вышеизложенным, важное значение приобретают вопросы дальнейшего совершенствования подготовки высококвалифицированных кадров в области мосто- и тоннелестроения, способных решать сложные научно-технические проблемы, касающиеся изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации мостовых и тоннельных сооружений в разнообразных топографических, градостроительных и инженерно-геологических условиях, сооружений повышенной безопасности и долговечности [2].

Кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей АДФ СПбГАСУ имеет более чем 60-летний опыт подготовки инженеров и научных работников, успешно работавших и работающих в транспортном строительстве как в нашей стране, так и за рубежом. В 2001 г. профессорско-преподавательский состав кафедр СПбГАСУ выиграл «тендер» обьявленный Мин. транспорта на выполнение работ по научному сопровождению строительства 1-й очереди КАД вокруг Санкт-Петербурга [2].

В 2003 г. коллектив АДФ, в том числе кафедра мостов и тоннелей, по оценкам региональных и федеральных органов власти был признан одним из лучших в России по качеству подготовки профессиональных инженерных кадров для активно развивающегося дорожно-транспортного комплекса страны (см. Транспортная стратегия России, Вып. 2. Анализ. Проблемы. Перспективы. Центр стратегических программ, М., 2003).

В настоящее время кафедра реализует дифференцированную схему подготовки специалистов мосто- и тоннелестроения: бакалавр – инженер – магистр – кандидат технических наук – доктор технических наук [3; 4; 5].

Ежегодно на кафедре проходят обучение 6–7 аспирантов-мостовиков и до недавнего времени до 4–10 магистрантов-мостовиков, среди которых имеются представители иностранных государств.

В сложных условиях реформирования экономики, обновления рынка, изменений в системе подготовки специалистов кафедра ежегодно выпускает более 30 готовых инженеров-мостовиков с учетом лучших традиций организации учебного процесса, практик и освоения инновационных технологий с учетом потребностей современного строительства объектов транспортной инфраструктуры.

Выпускники кафедры работают в ведущих предприятиях дорожно-транспортного и строительного комплекса, занимаются научной, педагогической и коммерческой деятельностью, принимают участие в строительстве крупнейших объектов общероссийского значения – автомобильных дорог, аэродромов, мостов и тоннелей, сложных транспортных развязок и других сооружений.

В 2001 г. специальность 270201 «Мосты и транспортные тоннели» была аккредитована на международном уровне.

К сожалению, по данной специальностив 2015 г. был последний выпуск, поскольку ГОС на эту специальность являлся ГОСом 2-го поколения и в настоящее время упразднен Минобрнауки.

В 2010–2011 учебном году было организовано обучение по новому Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки 271101 (08.05.01) «Строительство уникальных зданий и сооружений» со специализацией «Строительство автодорожных мостов и тоннелей» (стандарт 3-го поколения) [5].

Данная специализация рассчитана на 6-летнее обучение и предусматривает углубленное изучение студентами методов изысканий транспортных сооружений, оснований и фундаментов, методов расчета и конструирования мостов и тоннелей, технологию их

строительства, вопросы эксплуатации и реконструкции внеклассных и уникальных мостовых и тоннельных сооружений, обеспечение их безопасности и долговечности [2].

С 2013/2014 учебного года на кафедре начинается подготовка бакалавров и магистров по направлению 270800 (08.03.01 и 08.04.01) «Строительство». Бакалавры по профилю «Автодорожные мосты и тоннели» со сроком обучения 4 года готовились к следующим видам деятельности: изыскательская, проектно-конструкторская, производственно-управленческая, а также эксплуатационная и экспериментально-исследовательская [3].

Магистерская программа «Проектирование и строительство мостов и транспортных тоннелей» рассчитана на 2 года обучения (после получения степени бакалавра) и предусматривает углубленную подготовку магистров к инновационной, изыскательской, проектно-расчетной, производственно-технологической, научно-исследовательской и педагогической деятельности.

С 2014 г. выработана линейка по подготовке инженеров для транспортного строительства по профилю «Автомобильные дороги» – бакалавр и магистр, по профилю «Мосты и тоннели» – специалист, и кафедра начинает набор студентов по направлению подготовки 08.05.01 (271502) «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», квалификация «специалист» со сроком обучения 5 лет [5].

Каковы же проблемы подготовки инженеров-мостовиков для отрасли дорожно-транспортного строительства?

К числу наиболее важных проблем подготовки инженеров-мостовиков можно отнести:

1. Несовершенство нормативно-законодательной базы подготовки инженерных кадров в Вузах. Так, за последние 3 года кафедра автомобильных дорог, мостов и тоннелей перепрофилируется уже по 4 направлению подготовки (специалисты МТ, бакалавры, специалисты СУЗС, специалисты по тех. прикрытию). В указанных условиях профессорско-преподавательский состав кафедры вынужден постоянно адаптироваться под новые требования, предъявляемые образовательными стандартами. И уж совсем не представляется в таких условиях организация так называемого системного квалификационного подхода к подготовке и росту специалистов-мостовиков.

2. Очень далек от совершенства и ФГОС 3+, которым сейчас руководствуются вузы. ФГОС 3+ построен не на трудоемкости преподавателя, а на трудоемкости студента. ФГОС 3+ предоставляет право вузу решать, какими дисциплинами необходимо наполнить УП. Он предусматривает компетенции, которыми должен обладать специалист после окончания высшего учебного заведения. Однако критерии оценки овладения указанными компетенциями не разработаны. Более того, даже в родственных вузах будут преподаваться различные дисциплины, что практически сводит на нет возможность перевода студента из вуза в вуз.

3. Все мы знаем, что мостовые переходы являются стратегически важными объектами. Поэтому специалисты-мостовики, подготовленные в гражданских вузах, должны являться тем мобрезервом, который будет непременно востребован в условиях ведения боевых действий. Мобрезерв должен соответственно обладать определенной военной подготовкой и знаниями в области военного мостостроения. Однако ликвидация военных факультетов и кафедр в конце 2010 г., в том числе и в нашем вузе, практически свела на нет возможность подготовки мобрезерва. Сейчас эти вопросы поднимаются. Кстати, Президент РФ уже поручил правительству рассмотреть вопросы подготовки мобрезерва. Нами рассматриваются вопросы подготовки специалистов с выдачей военных билетов не только офицеров запаса, но и сержантов и рядовых запаса. Можно азы военного дела осваивать и на базе родственных военно-учебных заведений города в рамках межвузовских договоров, тем более что направление подготовки 08.05.01 (271502) «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей»

напрямую это предусматривает. Однако нормативно-законодательная база претворения в жизнь этого решения также отсутствует.

4. Вызывает обеспокоенность перехода на двухуровневую систему образования, что связано с присоединением России к Болонскому договору. Здесь необходимо исходить из национальных интересов и учитывать сложившуюся в России и уже оправдавшую себя систему подготовки кадров по типу «специалитет» (от слова «специалист»). Предлагаемый Болонским соглашением бакалавриат направлен на подготовку репродукторов, исполнителей, а магистратура – на подготовку специалистов для науки, разработчиков. Они не должны играть ведущую роль в процессе подготовки мостовиков. Во главу угла должен быть поставлен специалист-инженер – продукт обучения и воспитания, психологически подготовленный к принятию оригинальных технических решений и способный в силу своей подготовки почти на интуитивном уровне предвидеть все трудности и опасности реализации своих замыслов. В связи с этим считаю, и практика это уже подтверждает, что переход на учебные планы бакалавриата является если не вредительством, то большой ошибкой министерства образования. Более того, общий прием на строительную специальность, без разделения сразу по профессиям на первом курсе, дизориентирует молодых людей; они теряют почти два года в освоении своей будущей специальности, их знания по своей специальности ниже, чем в среднем (профильном) образовании (техникум, колледж), где учатся три–четыре года по узкой специальности. Хочется выразить уверенность, что Министерство образования, правительство РФ наконец-то повернется лицом к отечественному образованию, на законодательном уровне разработает качественную нормативную базу, позволяющую подготавливать высококвалифицированных инженеров-мостовиков. Здесь следует отметить, что нам удается пока сохранять специалитет при подготовке инженеров-мостовиков, но огромными усилиями [1].

5. Отсутствие устоявшихся взаимосвязей с потребителями – проектными и строительными организациями. Отраслевые организации обязаны принимать участие в формировании учебных планов, рабочих программ дисциплин, формируя, таким образом, требования к уровню качества подготовки специалистов. И это должно быть закреплено на законодательном уровне. С другой стороны, необходимо понимать, что при ограниченном финансировании требуется и материальная целевая поддержка кафедры лабораторным оборудованием, программным обеспечением, современной справочной и нормативной литературой.

Кафедра поддерживает более чем тесные отношения с 26 мостостроительными и проектными организациями нашего города, среди которых такие как ОАО «Институт «Стройпроект»», ОАО «Трансмост», Мостотрест, Мостоотряд 19, ЗАО «Пилон» и другие. Наиболее активное участие в укреплении материальной базы, совершенствовании учебного процесса принимает АО «Институт «Стройпроект» (чтение лекций, производственные экскурсии, работа в ГАК, повышение уровня компьютерной грамотности студентов и др.) Ежегодно мы анализируем отзывы организаций о наших выпускниках, стараемся учесть пожелания организаций в подготовке выпускников-специалистов. Также нами предусмотрено проведение 4-х практик в реальных мостостроительных и проектных организациях, где студенты приобретают практический опыт, знакомятся со структурой предприятий, имеют возможность реально применить свои знания. К сожалению, эта работа является в основном инициативой кафедры. Организации же заинтересованы в получении готовых специалистов, без вложения средств в их обучение. На данном этапе по инициативе кафедры прорабатывается вопрос заключения тройственного договора: студент-организация-университет (кафедра), суть которого заключается в подготовке конкретного специалиста в конкретную организацию по требованиям, предъявляемым этой организацией к выпускнику и учету интересов всех участников договора.

Есть положительные тенденции и в обновлении лабораторной базы кафедры. В университете на базе строительного факультета создана межкафедральная лаборатория, оснащенная новейшим оборудованием, позволяющая проводить как учебные занятия, так и научно-исследовательские и хоздоговорные работы.. Что касается развития УМБ кафедры, то здесь хочется отметить большую спонсорскую помощь таких организаций как

АО «Институт «Стройпроект», ЗАО «ВАД». С их помощью обновляется лабораторное оборудование, развивается материальная база кафедры. Хотелось бы, конечно, чтобы и другие организации относились с пониманием к такому вопросу как материальная целевая поддержка развития УМБ кафедры. Ведь от нее напрямую зависит качество подготовки выпускников, а значит, и уровень подготовки специалистов мостостроительных организаций. Также хотелось бы, чтобы все мостостроительные организации более серьезно относились к вопросам повышения квалификации своих сотрудников. Наша кафедра регулярно проводит занятия по повышению квалификации, отслеживает своих выпускников, однако направление на учебу зависит в первую очередь от руководства организациями и предприятиями.

6. Еще одна проблема, требующая непосредственного участия отраслевых организаций в формировании учебных планов и рабочих программ дисциплин, заключается в том, что нынешняя нормативная база в строительстве существенно устарела, и это проблема уже не столько образования, сколько отрасли в целом. Так, например, о каком инновационном развитии может идти речь, когда сегодня система строительства построена так, чтобы не было возможности внедрять инновации. Мы учим и должны учить в соответствии с теми нормативными документами, которые приняты и действуют в стране. Когда выпускник придет на производство, то с него будут требовать знания нормативов, которые определяют правила работы в отрасли. Молодой специалист в первую очередь должен знать их. Но есть, конечно, и положительные тенденции [2].

7. Запущен процесс интеграции европейских норм в отечественную сферу строительства. Однако он идет слишком медленно. Мы стараемся отслеживать эти вопросы. Здесь тоже возникает ряд сложностей. Переход на еврокоды требует серьезной работы по их переводу и адаптации к российским условиям. Хочется отметить работу МАДИ и МГСУ – наших головных вузов. Они достаточно активно работают в этом направлении. Мы имеем доступ к этим материалам. Но этот процесс необходимо перевести в иное русло: поднять с уровня инициативы учебных заведений до уровня политики государства. Эти нововведения нужны всем: и строителям, и проектировщикам, – в появлении новых стандартов заинтересована отрасль в целом. Когда эта работа будет вестись под эгидой государства в масштабе всей отрасли, тогда изменятся и наши учебные планы [2].

8. Следующая проблема – проблема кадров профессорско-преподавательского состава: переживаемая в настоящее время смена поколений профессорско-преподавательского состава требует существенного «омолаживания» преподавательского контингента. Средний возраст педагогов нередко превышает 60 лет, а приход на кафедры молодой талантливой смены, способной сохранить существующие традиции «мостового братства» и обеспечить преемственность научных и педагогических школ, проблематичен. Это объясняется в основном причинами материального характера. Например, в Санкт-Петербурге гарантированный минимум месячной оплаты труда (штатный) составляет для профессоров порядка 28–36 тыс. рублей, для доцентов – 24–28 тыс. рублей, для ассистентов – 20 тыс. рублей. На такую зарплату в вуз высококвалифицированный специалист, занятый в строительстве, эксплуатации или проектировании мостов, не идет. Примечательно, что ежемесячная зарплата нашего выпускника сразу после окончания вуза часто оказывается значительно выше зарплаты профессора в 2–3 раза [2].

Положение усугубляется тем, что принятые поправки в бюджетном кодексе Российской Федерации обусловливают изменение финансового положения университетов. Альтернативой существующему статусу университета как государственного бюджетного учреждения становится статус автономного образовательного учреждения, который позволит сохранить финансовую самостоятельность вуза, но потребует от последнего полностью расплачиваться, так сказать, по счетам, не ожидая помощи от государства. Настало время законодательно закрепить социальную ответственность бизнеса за качество подготовки специалистов. Над этой проблемой задумывались кафедры СПбГАСУ, ПГУПСа – бывшие заведующие кафедрами профессоры В. А. Быстров и В. Н. Смирнов, – а в настоящее время ее предстоит решать и мне вместе с коллегами – заказчиками и потребителями кадров. Все исследования показывают: вложение в недвижимость приносит кредиторам

в среднем прибыль по общим кредитам 20 %, в высокие технологии – до 40 %, а в профессиональное мастерство людей (наивысшее богатство) – до 300 % годовых прибыли. Вот что мы должны ценить. В качестве примера можно привести опыт США по подготовке кадров уникальных специальностей в условиях их дефицита. Суть заключается в том, что ведущие американские университеты проводят кампании по сбору капитала для пополнения своих бюджетов в связи с сокращением государственного ассигнования. И этот процесс активизируется. Только в 2006 г. двадцать пять самых крупных университетов США собрали около $1–1,5 млрд для технического оснащения лабораторий, исследовательских центров и аудиторий. Здесь любят повторять: «В США хорошие дороги и мосты не потому, что мы богаты, а мы богаты потому, что у нас есть хорошие дороги и мосты» [2].

Вызывает опасения и тот факт, что в последние годы мостостроением занимается много новых фирм, не имеющих в штате достаточного количества специалистов-мостовиков. Мосты стали строить и дорожники, и специалисты по гражданским сооружениям. А это увеличивает опасность некачественной работы, с которой можно бороться только повышением профессионализма в проектировании, строительстве и эксплуатации искусственных сооружений [2].

Необходимо в условиях дефицита преподавательских кадров заинтересовать квалифицированных производственников (например, подготовкой диссертаций) в проведении почасовых занятий в ВУЗе, использованием их материально-технической базы производства для проведении лабораторных занятий студентов, использования студентов в производственных делах (и не только в период летней практики) под руководством квалифицированных инженеров от производства. И такой опыт у нас на кафедре имеется. На почасовой основе у нас работают квалифицированные специалисты не только таких организаций, как АО «Институт «Стройпроект», а и ОАО «Трансмост»; ЗАО НИПИ ТРТИ; ЗАО «СПб-Дорсервис»; ООО «Строительная компания «Балтийский берег» и др., которые передают студентам свои знания, внедряют в учебный процесс все то передовое, что имеется сегодня в области мостостроения [2].

9. В сегодняшних условиях качество полученного образования в большей степени зависит непосредственно от самих студентов, от их желания стать хорошими специалистами [2]. К сожалению, среди немалого ряда студентов отсутствует мотивация хорошо учиться. Целью таких студентов не является получение качественного образования. Эти студенты ограничиваются стандартной учебной программой. Будущие специалисты, большей частью уверены, что в дальнейшем недостающие знания получат уже на производстве. В этом, отчасти, виноваты и сами потребители – массовое привлечение специалистов любого уровня подготовки в период подъема отрасли в 2000-е гг. привело к снижению нижнего порога оценки качества специалиста при приеме на работу.

Для активации интереса к обучению преподавателями кафедры ведется постоянная работа.

Для учащихся всех курсов проводятся технические экскурсии на наиболее интересные и сложные объекты транспортного строительства.

Организуются международные студенческие обмены и путешествия. У студентов кафедры есть прекрасная возможность получить не один диплом, а два!

Студенты III–V курсов могут пройти годовое обучение по согласованной международной программе и по завершении получить диплом Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета и иностранного вуза-партнера. Обучение проходит на английском языке. Вузы-партнеры в рамках программы двойного диплома [2]:

• Сайменский университет прикладных наук (г. Лаппеенранта, Финляндия).

• Университет прикладных наук (г. Миккели, Финляндия).

Ведется работа по активному привлечению студентов к выполнению работ в рамках хоздоговорных НИР под руководством опытных преподавателей.

При обучении студентов, магистрантов и аспирантов на кафедре широко используют компьютерные технологии: при чтении лекций, в курсовом и дипломном проектиро-

вании, при подготовке магистерских и кандидатских диссертаций. Все графические работы выполняются с применением пакета AutoCAD.

Для расчета конструкций широко используются численные методы, реализованные в современных программных комплексах NASTRAN, PLAXIS, SOFISTIK и др.

В работе ГАК (председатель А. А. Журбин) постоянно принимают участие представители ведущих проектных и строительных организаций.

И в заключении хочется сказать, что мосты – это сложные технические сооружения, их строительство – многоступенчатый творческий процесс. Усложняются задачи проектирования, строительства, совершенствуются системы управления и эксплуатации этих многочисленных искусственных сооружений. В этой связи проблемы подготовки кадров для мостостроения требуют кардинального решения. Не случайно несколько лет подряд обсуждение этих проблем занимает важное место на проходящих в Петербурге международных форумах «Мир мостов». Вывод очевиден: чтобы обеспечить качество подготовки инженерных кадров для мостостроения на уровне современных требований, необходимо объединить потенциал вузов, научных, производственных, государственных организаций и главное – предпринимателей-работодателей (бизнеса) [2].

Литература

1. *Маковский Л. В.* Совершенствование подготовки специалистов в области автодорожного мосто- и тоннелестроения / Л. В. Маковский, П. М. Саламахин // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2012. – № 1. – С. 1–2.

2. Транспорт России: анализ, проблемы, перспективы. Вып. 2. / гл. ред. В. А. Панков. – М.: Центр стратегических программ, 2003. – 339 с.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования бакалавриат. Направление подготовки 08.03.01 «Строительство». – М., 2015. – URL: http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak_08.03.01.pdf (дата обращения: 12.02.2016).

4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. Уровень высшего образования магистратура. Направление подготовки 08.04.01 «Строительство». – М., 2014. – URL: http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/mag_08.04.01.pdf (дата обращения: 12.02.2016).

5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 271502 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», квалификация (степень) «специалист»). – М., 2011. – URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_11/prm13-1.pdf (дата обращения: 12.02.2016).

УДК 67.08; 67.03

Иршат Рафисович Мухаррямов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: mr.irshat@mail.ru

Irshat Rafisovich Muharryamov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: mr.irshat@mail.ru

КЛАССИФИЦИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ВОЗМОЖНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

INDUSTRIAL WASTE CLASSIFICATION FOR POSSIBLE USE OF ITS DEFINITE TYPES IN ROAD CONSTRUCTION INDUSTRY

В данной статье дано определение отходам производства. Предложен переход от термина «отходы» к термину «вторичные материальные ресурсы» (ВМР). Изложена классификация промышленных отходов по химическому, отраслевому, по коэффициенту насыщения и по агрегатному состоянию. Затронуты вопросы, связанные с коэффициентом основности. Более подробно рассмотрен вопрос использования нефелинового шлама в строительстве сооружений транспортной инфраструктуры. Приведены количественные данные ежегодного образования отходов глиноземного производства. Отмечены работы многих ученых в области использования вторичных минеральных ресурсов. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны использования нефелиновых шламов.

Ключевые слова: отходы производства, вторичные материальные ресурсы (ВМР), классификация промышленных отходов, нефелиновый шлам, коэффициент насыщения, коэффициент основности, дорожная конструкция.

This article defines industrial waste. It is suggested to use the term “secondary material resources” (SMR) instead of the term “waste”. The author suggested a classification of industrial waste according to chemical and industrial condition, saturation rate and aggregate state. Issues relating to the basicity coefficient are considered. The problem of using nepheline slime in construction of transport infrastructure structures is considered in more detail. Numerical data on annual formation of waste from alumina production are given. Works of many scientists in the field of using secondary mineral resources are analyzed. The positive and negative aspects of using nepheline slime are considered.

Keywords: industrial waste, secondary material resources (SMR), industrial waste classification, nepheline slime, saturation rate, basicity coefficient, road structure.

В настоящее время под отходами производства понимают остатки сырья, материалов, полуфабрикатов [1] и топлива, образующиеся в процессе превращения исходного ресурса в готовую продукцию, утратившие полностью или частично потребительские свойства исходного сырья. Однако термин «отходы» достаточно неровен, поскольку в настоящее время ставится задача превращения их в попутную или даже основную продукцию предприятий, на которых они образуются, и в сырье для других отраслей. Поэтому этот термин целесообразно заменить термином «вторичные минеральные ресурсы» (ВМР).

После многолетнего использования отходов во многих сферах народного хозяйства в 70–90-х гг. было решено провести работы по разработке специализированных кадастров отходов по предприятиям, отраслям, подотраслям и др., но, к большому сожалению, данные работы так и небыли закончены. В то время этому способствовало выделение огромного количества промышленных отходов, которые образовывались на перерабатывающих предприятиях, вызывая тем самым сложность проведения их структуризации (классификации), подсчет, хранение и рециклинг, а также отсутствие специального оборудования для проведения работ. На сегодняшний день существующая классификация отходов многообразна. Признаки (по которым проводят классификацию отходов): место происхождения отходов; подвиды отходов; уровень производственного цикла; показатель вреда окружающей среде и человеческому здоровью; возможность использования в какой-либо сфере; целесообразность использования; объемы запаса данного отхода и объем образования по факту; стадия изученности отхода и какие существуют технологии переработки, а также утилизации.

В настоящее время приняты четыре основных классификации промышленных отходов: химическая, отраслевая, по коэффициенту насыщения и по агрегатному состоянию.

Таблица

Химическая (в основу положен химический принцип)	Отраслевая	По коэффициенту насыщения
Кремнистые отходы (свободного $SiO_2 > 50$ %); силикатные (Ca, MgS); карбонатные ($CaCO_3$, $MgCO_3$); сульфатные ($CaSO_4\,2H_2O$); хлоросодержащие ($MgCl_2$); фторосодержащие; смешанные минеральные; органические; водоорганоминеральные; органоминеральные.	Химическая; деревообрабатывающая; металлургическая; энергетическая; строительный комплекс; нефтеперерабатывающая;	Коэффициент насыщения прогнозирует вяжущие свойства отхода. Кнас= $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3)$, Если Кнас=0, то отход из ряда ультракислых, что говорит о том, что у данного отхода нет вяжущих свойств; Если Кнас= (0-0, 8), то отходы кислые, что опять показывает отсутствие вяжущих свойств у отхода; Если Кнас=(0, 8-1, 2), то нейтральные; Если Кнас=(1, 2-3, 0), то отход относится к основным; Если Кнас> 3,0 , то ультраосновные.

Если в химическом составе отхода большое количество SiO_2, то отход автоматически относят к числу ультракислых и кислых. Например, шлак (доменный) обладает спящими вяжущими свойствами (их пробуждают в автоклавных печах). Нефелиновый шлам имеет коэффициент насыщения от 1,2 и поэтому относится к основным и имеет хорошие вяжущие свойства. Из числа ультракислых можно привести карбидный ил [2].

Классификация техногенного сырья по агрегатному состоянию в момент выделения их из основного технологического процесса описана в табличной форме в работе Боженова [3]. Такая классификация ясно позволяет оценить возможные направления использования техногенного сырья. По классификации, предложенной П. И. Боженовым, промышленные отходы подразделяют на три класса.

Класс А – карьерные остатки после обогащения добытого сырья на полезные ископаемые. Эти отходы не утрачивают своих природных свойств и в зависимости от фракционного, химического состава и других характеристик используются как заполнители бетона и исходное сырье при производстве керамики, извести, автоклавных материалов. Отходы, получаемые при добыче и обработке известняков, могут применяться в сельском хозяйстве для улучшения структуры почвы и т. п.

Класс *Б* – искусственные побочные продукты, полученные в результате физико-химических процессов при использовании добытого сырья по технологии его переработки: топливные золы, шламы, доменные и металлургические шлаки и др. Эти вторичные продукты находят широкое применение в первую очередь при производстве цементов, материалов автоклавного твердения, в качестве наполнителей и отощающих добавок и др.

Класс В – продукты, получающиеся в результате длительного хранения отходов в отвалах, например, в результате самовозгорания пород, распада шлаков и т. д. Эти отходы находят применение в дорожном строительстве, производстве искусственных пористых материалов как отощающие и выгорающие добавки при изготовлении стеновых материалов, как вяжущее вместе с известью и т. п. Менее ценные отходы могут использоваться при планировке территории и засыпке карьеров, заполнении горных выработок и др.

Необходимость в использовании вторичного сырья (промышленных отходов) доказывается как с точки зрения экологии, так и с точки зрения дефицита строительных материалов в перспективе развития дорожного строительства. Среди нескольких действующих на 2016 г. нормативных документов [4; 5] на проектирование автомобильных дорог требуются варианты удешевления стоимости строительства за счет использования промышленных отходов. Следовательно, решение вопросов использования промышленных отходов остается актуальным и по сей день. Менее активно используемый на сегодняшний день отход производства, в строительстве дорог, в отличие от зол уноса и шлаков, является нефелиновый шлам. Вопрос рационального использования шлама возник в связи с переработкой на глинозем нефелинового концентрата. Технологии переработки имеют серьезные недоработки, и поэтому образуется огромное количество отходов, прошедших соответствующую термохимическую обработку. Известно, что шлама на выходе в 7 раз больше, чем глинозема. В России шлама образовалось примерно 31,5 млн т. к 2014 г. Отходы глиноземистого производства ежегодно поступают в отвалы. Использование шламов глиноземистого производства в производстве строительных материалов, позволит уменьшить острый дефицит, повысить скорость и качество строительства дорог, увеличить срок службы автомобильной дороги и намного снизить цену строительства. Учитывая, что уже образовавшийся в отвалах нефелиновый шлам занимает огромную пригодную площадь и создает постоянную опасность для почвы, атмосферы и окружающих водоемов, использование его в дорожном строительстве помимо достижения технико-экономического эффекта способствует решению задачи охраны окружающей среды.

Решение вопросов утилизации нефелинового шлама глиноземного производства начали интересоваться с середины 20-го века, когда страна восстанавливалась после войны. Это все, несмотря на то, что нефелиновый шлам максимально использовали в качестве

сырьевого компонента для производства цемента. Многие ученые принимались за решение задачи по рационализации использования нефелинового шлама в разных сферах человеческой деятельности. Среди них такие ученые, как В. А. Кинд, П. И. Боженов, П. И. Кройчук, Л. В. Кузнецова, П. И. Божов, А. Я. Стахеев, В. И. Кавалерова, А. П. Кузнецов, Ю. Г. Мещеряков, О. Н. Кондратьева, А. С. Пополов, Р. В. Бейшер, В. М. Безрук, В. М. Бескровный, Н. А. Торопов, В. В. Лапина и др. В работах выделены основные характеристики нефелинового шлама, что является основой для того чтобы начать работы по рассмотрению данного отхода как минерального вяжущего в комплексе с другими строительными материалами для устройства дорожной конструкции.

Наиболее важным показателем данного отхода является коэффициент насыщения Кнас по формуле В. А. Кинда [3] и коэффициент основности Косн. = (CaO + + MgO)/(SiO_2+Al_2O_3) предложенный П. И. Боженовым [6]. Как отмечалось выше, Кнас. шлама = 1,2. У данного отхода хорошие вяжущие качества. Это также доказывается коэффициентом основности равный 1,5–1,7, что относит нефелиновый шлам в ультраосновную классификационную группу. У вяжущих на основе шламов хорошие показатели прочности в сравнении с уплотненными материалами, так как материалы, укрепленные шламовяжущими становятся со временем все прочнее и прочнее. Несмотря на положительные стороны шламов, есть и моменты, которые требуют особого подхода при их решении.

1. Использование нефелинового шлама в дорожном строительстве окажет положительное влияние на экологию окружающей среды: почвенно-растительный покров, на атмосферу, на поверхностные и подземные воды и др.

2. Заменив дефицитный материал (цемент, гипс, известь и др.) вяжущими на основе нефелиновых шламов можно добиться существенного снижения конечной стоимости строительства автомобильной дороги.

3. Складирование и длительное хранение нефелиновых шламов в отвалах приводит к неэффективному использованию ценных сельскохозяйственных земель.

Вопрос использования нефелинового шлама в строительстве дорог и аэродромов является актуальным. Скорейшее решение этой проблемы предположительно будет иметь полезные последствия.

Литература

1. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ: принят Государственной Думой 22.05.1998, одобрен Советом Федерации 10.06.1998 [Электронный ресурс]. – URL: http://base.garant.ru/12112084/ (дата обращения: 30.05.2016).

2. *Щукин Е. Г.* Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности при производстве строительных материалов» / Е. Г. Щукин, Р. Р. Беппле, Н. В. Архинчеева. – Улан-Удэ, 2004. – 109 с.

3. *Боженов П. И.* Комплексное использование минерального сырья при производстве строительных материалов / П. И. Боженов. М.–Л., 1983. – 263 с.

4. СП 34.13330.2012 «СНиП 2.05.02 – 85*. Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* [Электронный ресурс] / Министерство регионального развития РФ; ЗАО «Союздорнии». – URL: http://dokipedia.ru/document/5206463 (дата обращения: 30.05.2016).

5. Руководство по проектированию городских улиц и дорог [Электронный ресурс] / ЦНИИП Градостроительства Госгражданстроя. – М.: Стройиздат, 1980. – URL: http://files.stroyinf.ru/Data1/10/10533/ (дата обращения: 30.05.2016).

6. *Боженов П. И.* Нефелиновый цемент / П. И. Боженов. – Л.: Лениздат, 1946. – 112 с.

УДК 625.8

Дмитрий Анатольевич Семенов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: elfx@mail.ru

Dmitrii Anatolievich Semenov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: elfx@mail.ru

БЛОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

BLOCK PAVEMENT AND ITS APPLICATION

В статье рассмотрены особенности, возможности и достоинства блочных покрытий. Изучен опыт использования малоразмерных плит без связей в швах и современных блочных покрытий, их использование в городских условиях, технология их изготовления, укладки в покрытие и особенности содержания.

Особое внимание уделено системе связей элементов блочных покрытий, обеспечивающих повышение однородности расчетных показателей по устойчивости и ровности, улучшение демпферных характеристик покрытия и направленных на повышение эксплуатационных показателей.

Отмечено, что в сравнении с хаотически распределенной и расклинцованной мелкой фракцией верхней части щебеночного слоя, расклинцованное однослойное покрытие из бетонных блоков одинаковых форм и размеров на основе повышения однородности обеспечивает высокие устойчивость в эксплуатации и сроки службы блочного покрытия.

Ключевые слова: блочные покрытия, камни мощения, швы блочных покрытий, просадка и сдвиг блоков, метод вибропрессования, расклинцовка швов.

The article considers features, capabilities and advantages of block pavement. Application of small-sized blocks without connections in joints as well as modern block pavement, their application in the city, their manufacturing technology, laying technology and maintenance aspects were studied.

Special attention was paid to the system of joints between elements of block pavement, providing increased homogeneity of stability and smoothness estimates, improved vibration damping characteristics of the pavement and improved performance characteristics.

It was noted that compared to chaotically distributed fine fractions of ballast layer gutting, a single layer of racked-in concrete blocks of the same shape and size due to increased homogeneity provides high operational resistance and operational life of block pavement.

Keywords: block pavement, paving blocks, joints of block pavement, sagging and movement of blocks, method of vibrocompression, gutting.

Изменение технической политики Российской Федерации с «возвращением» цементобетона в середине 90-х гг. прошлого столетия в дорожное строительство и благоустройство нашло свое отражение в широком диапазоне использования блочных покрытий от тротуаров и пешеходных зон благоустройства городов, складских территорий, промышленных терминалов до территорий портов и аэродромов.

Цементобетонные покрытия в блочном варианте в отличие от панельной (плитной) конструкции (без армирования) обладают естественной трещиностойкостью, несущие элементы работают в основном на сжатие (а не на изгиб), а система перевязки швов-связей выступает в качестве демпферов и регулятора напряженно-деформированного состояния как от транспортной нагрузки, так и температурно-влажностного фактора.

Блочные бетонные покрытия, как и покрытия из элементов натурального камня (брусчатки, мозаиковой шашки, клинкера), при рациональных конструктивных решениях и технологии укладки обладают: высокой долговечностью – не менее 30 лет до капитального ремонта, ремонтопригодностью, высокими и стабильными сцепными качествами, архитектурно-художественными характеристиками и экологичностью, кроме того они не требуют широкого фронта работ. Покрытия из мелких бетонных блоков обладают рядом и других достоинств: покрытие не боится пучения грунтов, обладает низкой энергоемкостью, обеспечивает скорость движения транспорта до 60 км/час.

В связи со значительным объемом строительства и ремонта подземных коммуникаций, в городах для их прокладки часто приходится производить разборку только что построенных покрытий проезжей части улиц и тротуаров. При таких обстоятельствах, есте-

ственно, используют такое покрытие, которое не боится разборки и дает возможность дальнейшего применения. На тротуары заезжают автовышки, санитарные, продовольственные и др. машины. Для возможности использования подметально-уборочной техники, конструкция покрытия рассчитывается в соответствии с реальными нагрузками. Таким требованиям могут удовлетворять только бетонные плиты соответствующей толщины.

В городах Прибалтики в начале XX в. на въездах в дома использовали бетонные плитки, уложенные на песчаном основании без расклинцовки швов. Эксплуатация таких въездов показала, что хотя толщина покрытия из плитки значительная – до 12 см, но из-за малого веса плит без расклинцовки въезды оказались неустойчивы. Уже на второй-третий год эксплуатации появляется сдвиг рядов покрытия, а также их просадка. Сдвиг рядов и просадка составляли до 50 мм.

Например, въезды, построенные с применением бетонных плит размером 25×25×12 см, при незначительном весе плиты, без заполнения швов нагрузку автотранспорта не выдерживали из-за просадки плит в грунт. Удовлетворительно выдерживают такую нагрузку въезды, построенные из плит размером 50×50×12 см.

Исследования показали, что имеется прямая связь между весом, площадью, а также давлением на основание от собственного веса плит и деформацией покрытия. Как видно, покрытия из плит весом до 18 кг и площадью основания до 0,06 м^2 дают значительные деформации на просадку в грунт и сдвиг рядов, поэтому для строительства современных тротуаров оказались непригодными (таблица).

Таблица

Величина деформации покрытия от параметров бетонных плит

Размеры бетонных плит в см	Вес плит в кг	Площадь плит в м^2	Давление на основание от собственного веса в кг/м^2	Деформация покрытия		
				количетво деформации в %	наибольшие деформации в мм	
					на просадку	на сдвиг
24×12×12	8,4	0,03	290	90	50	30
25×25×12	18,0	0,06	290	20	30	25
33×33×12	31,0	0,11	290	10	20	–
40×40×10	38,4	0,16	240	10	13	–
50×50×10	60	0,25	240	8	13	–

При колесной нагрузке с весом задней оси в 6,15 тонны, давление на основание от собственного веса 290 кг/м^2 имеет критическое значение. При увеличении площади плит уменьшается количество самих деформаций, а также они уменьшаются по величине.

Таким образом, уменьшение давления на основание от собственного веса плиты отрицательно влияет на ее устойчивость при воздействии колесной нагрузки.

Как видно (см. таблицу), размеры и вес бетонных сборных тротуарных плит, применяемых для устройства въездов, имеют прямую зависимость к устойчивости от воздействия колесной нагрузки.

Для повышения устойчивости плит против деформации на просадку в грунт значительную роль начинает играть сила трения боковых поверхностей бетонных плит.

В настоящее время по применению малоразмерных плит действует государственный стандарт «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия» (ГОСТ 17608–91).

Камни мощения в настоящее время производятся методом вибролитья и полусухого вибропрессования. Вибролитьевая технология заключается в заполнении жестких полипропиленовых, гибких резиновых или пластиковых форм раствором и уплотнении его в этих формах на вибростоле. Далее на участке выдержки продукции изделия затвердевают, их извлекают из форм, складируют и передают на склад готовой продукции. Практически все второстепенные операции выполняются вручную. По оценкам специалистов, вибролитая продукция, как менее прочная и морозоустойчивая, занимает незначительную

долю рынка искусственных камней Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Одной из главных причин разрушения бетонных блоков является низкая морозостойкость, связанная с недостаточной плотностью и неоднородностью бетона.

В настоящее время основной объем камней мощения производится методом полусухого вибропрессования. При производстве этим методом бетонная смесь непрерывно подается на матрицу вибропресса, где под воздействием давления и вибрации происходит формовка изделия. Изделия, сформованные на технологических поддонах, автоматически перемещаются в пропарочные камеры с мягким режимом или выдерживаются в специальном помещении с высокой влажностью воздуха. Далее происходит упаковка готовых изделий на транспортных европоддонах и их складирование. При таком производстве минимальна доля ручного труда, большинство процессов автоматизированы, обеспечивается высокая производительность и качество продукции, изделия идентичны [1].

Современный искусственный камень мощения (плитка, блок, брусчатка) – элемент из бетона с различной геометрической формой, стыковыми соединениями, цветом и размерами. В ТУ 5746-001-33157194–97 «Камни искусственные покрытий дорог» содержатся требования к основным параметрам камней мощения: их толщина должна быть не менее 60 мм; площадь опорной поверхности не более 0,05 м^2; длина – не более 28 для прямоугольных в плане и 30 см для фигурных камней; отношение максимального размера камня в плане к высоте должно быть менее 4. Основные технические характеристики выпускаемых плиток: прочность на сжатие – М 300..400; морозостойкость – F 200; истираемость 0,7. Для Санкт-Петербурга было разработано «Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге», в котором описаны возможные формы камней мощения. Камни могут быть как с горизонтальной в плане связью, так и без нее. С горизонтальной связью – это камни криволинейной формы, без – прямоугольные, квадратные, шестиугольные. Также могут применяться камни других конфигураций [1; 2].

Искусственные камни могут выпускаться и двухслойными с верхним слоем из цветного бетона. Для различных архитектурно-эстетических приемов и решений могут быть с окрашенной лицевой поверхностью или целиком из цветного бетона.

Для снижения объема ручного труда мощение целесообразно производить не отдельными элементами (что тоже возможно), а отдельными блоками площадью 1 м^2 и более и собранными заранее. Блоки элементов собирают и транспортируют на поддонах, с которых их надо забрать с помощью специальных захватов (смонтированных на подъемном кране) и переместить на место укладки. Уложенные элементы осаживаются на месте с помощью вибропогружателя. Затем по покрытию проходит легкий каток массой не более 6–8 тонн (2–3 прохода по одному следу). Швы между элементами заполняют песком (всю поверхность засыпают песком и потом его сметают) или заливают цементным раствором.

Слабым местом дорожных покрытий являются участки, расположенные на трамвайных путях и около них. При проезде вагонов трамвая возникают низко- и высокочастотные вертикальные колебания верхнего строения трамвайного пути (рельсов, шпал, основания). В результате дорожное покрытие, расположенное между рельсов и около них с наружной стороны, достаточно быстро разрушается. По этой причине требуются частые ремонты этих участков проезжей части улицы. Покрытия из штучного камня (блоков) достаточно устойчивы к колебаниям трамвайного пути, работают как демпферы и по этой причине имеют длительный срок службы без ремонтов.

За покрытиями из искусственных камней мощения, в отличие от асфальтобетонных, нужен более тщательный уход и бережное содержание. Инструменты с металлической рабочей частью могут разрушить лицевую поверхность камней, поэтому их лучше не использовать, а для уборки возможно применение уличных пылесосов. Поскольку техническая соль способна воздействовать на дорожное покрытие, разъедая его и способствуя его деформации, лучше не применять в зимний период содержащие ее средства. Очень важно следить за заполнением швов в покрытии, они должны быть заполнены на всю высоту материалом заполнителя.

Возможно устройство системы подогрева дорожного покрытия. Нагревательные элементы в таком покрытии топят снег и лед, а образовавшаяся вода отводится коллекторами. Такая система позволяет снизить травматизм и аварийность, исключить работу по уборке снега и его вывозу, увеличить срок службы покрытия. Примером устройства такой системы является пешеходная зона Малой Садовой улицы [1].

Анализ эксплуатации малых плитных и блочных покрытий показал, что важнейшую роль в обеспечении их устойчивости играет расклинцовка швов. Как аналог, можно рассмотреть поведение в эксплуатации покрытия (основания) из крупнозернистого (фракции 70–140, 40–70 мм) сортового щебня без расклинцовки и с расклинцовкой более мелкой фракцией. Опыт показывает, что в таком покрытии только в результате расклинцовки можно получить устойчивую щебеночную «кору», обладающую достаточной несущей способностью. Технологически расклинцовка возможна только в верхней части щебеночного слоя, и неоднородность такого покрытия дополнительно усугублена разбросом размеров щебня, его многослойностью при хаотическом расположении щебенок по толщине покрытия.

В отличие от фракционированного щебеночного, блочное покрытие состоит из одинаковых (по толщине) элементов одинаковых размеров и форм, что совместно с перевязкой расклинцованных швов-демпферов одинаковых размеров, с ровным и равномерно уплотненным основанием потенциально может обеспечить однородность конструкции, а в итоге необходимую устойчивость и высокие сроки службы.

Несомненно, что блочные покрытия из элементов мощения, в отличие от плитных, могут обладать высокими эксплуатационными качествами, но их широкое применение в современном строительстве и благоустройстве требует проведения экспериментальных и теоретических исследований в области оценки и повышения устойчивости и ровности таких покрытий от воздействия эксплуатационных нагрузок и природных факторов. Для их совершенствования возникает необходимость установления основных факторов, определяющих устойчивость и ровность блочных покрытий, а также исследованиеязакономерности деформирования блочного покрытия от транспортной нагрузки и природно-климатических факторов.

Литература

1. *Костиков Ю. Б.* Мощение: теория и практика / Ю.Б. Костиков. – СПб: Отдельное издание ОАО «Стройдеталь», 2008. – 64 с.

2. Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней в Санкт-Петербурге / Мэрия СПб. – СПб., 1996. – 50 с.

УДК 625.7/.8

Алексей Сергеевич Судомоин, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: sudomoin@mail.ru

Alexey Sergeevitch Sudomoin, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sudomoin@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ТЕРМИНОЛОГИИ В СФЕРЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ISSUES OF CLASSIFICATION AND TERMINOLOGY IN DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION OF BRIDGEWORK

В статье рассматриваются вопросы классификации и терминологии в сфере проектирования строительства и эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах. Обозначена актуальность вопроса для разработки и оптимизации баз данных по искусственным сооружениям на дорогах. Представлена критика современной классификации искусственных дорожных сооружений и соответствующей терми-

нологии. Проведен анализ классификаций, содержащихся в существующих базах данных по искусственным дорожным сооружениям. Показаны разночтения в обозначении одинаковых объектов или элементов. Поставлен вопрос о необходимости разработки единой классификации транспортных сооружений.

Ключевые слова: классификация, терминология, искусственные сооружения, автомобильные дороги, статическая схема.

The article reviews issues of classification and terminology in design, construction and operation of artificial structures on highways. Importance of the problem of developing and optimizing data bases on artificial constructions on highways is noted. Modern classification of artificial road constructions and the corresponding terminology are analyzed. Analysis of classifications included in the existing data bases on artificial road constructions is performed. Discrepancies in naming the same objects and elements are shown. A question about the necessity of developing a uniform classification of transportation constructions is raised.

Keywords: classification, terminology, artificial constructions, highways, static diagram.

С начала 90-х годов прошлого столетия в практику эксплуатации автомобильных дорог и искусственных сооружений на них внедряются различные базы данных, позволяющие в значительной степени автоматизировать на разных уровнях управление дорожным хозяйством на некоторой территории.

Опыт работы в сфере заполнения и использования баз данных по мостовым сооружениям в течение последних 20 лет показал наличие проблем, связанных с классификацией сооружений, их отдельных элементов, а также с терминологией вообще.

В науке давно известны системы классификации, как, например, в биологии классификация животных (отряд, семейство, род, вид и т. д.) или растений. Биологическая систематика занимается разработкой принципов классификации живых организмов и практическим приложением этих принципов к построению системы.

В настоящее время основные принципы биологической систематики внедряются в другие отрасли человеческой деятельности с целью создания логических систем соподчиненных понятий (классов объектов) в какой-либо области знания или деятельности человека. Такие системы (классификации) используются как средство для установления связей между понятиями или группами понятий.

Например, классификация автомобилей: грузовые, пассажирские, грузопассажирские, специальные. Пассажирские автомобили, в свою очередь, разделяются на автобусы и легковые и т. д. Существует классификация вин: сухие, полусухие, полусладкие и т. д.

Любая классификация теснейшим образом связана с терминологией, поскольку без единообразной терминологии, принятой всеми, классификация невозможна. Например, «сухим вином» является алкогольный напиток, произведенный по определенной технологии и содержащий 8–11% спирта и не более 0,3 % сахара. Этот термин является общепринятым, поэтому назвать портвейн сухим вином никому не придет в голову.

В настоящее время единство терминологии в некоторой сфере знаний или человеческой деятельности жизненно необходимо в аспекте компьютеризации. Если два человека, обозначающие один и тот же объект различными терминами, в процессе научной дискуссии (или эмоционального обмена мнениями) сумеют придти к общему взгляду на проблему, то при взаимодействии человека и ЭВМ необходимо определение предмета, явления и т. п. некоторым термином, однозначно воспринимаемым и человеком, и машиной.

В отношении терминологии положение осложняется наличием Интернета, где слишком часто встречаются неправильно используемые термины. Например, в разных интернет-источниках один и тот же объект (приводится рисунок, схема или фотография) может быть назван и виадуком, и мостовым переходом, хотя это совершенно разные понятия.

Классификация искусственных сооружений на дорогах складывалась стихийно в процессе массового строительства сначала железных, а затем и автомобильных дорог. В основе классификации присутствуют различные признаки, например разделение сооружений по материалу, разделение сооружения на элементы (пролетные строения, опоры), разделение пролетного строения по статической схеме, по типу поперечного сечения про-

летного строения, разделение опор на разные типы и т. п. Каждой группе элементов, каждому элементу сооружения соответствовал определенный термин. Если до недавнего времени строгое соблюдение терминологии и не играло определяющей роли, поскольку в любой публикации имелась возможность развернутой формулировки для разъяснения приведенного понятия, то в настоящее время ситуация изменилась. Развернутые формулировки для определения некоторого понятия в базе данных требуют более значительных программных ресурсов. Чем точнее, лаконичнее термин, чем он более структурирован, тем компактнее будет база данных, а на пользовательском уровне будет меньше ошибок и непонимания.

В настоящее время ситуация в сфере строительства и эксплуатации автомобильных дорог и искусственных сооружений на дорогах характерна тем, что почти каждый нормативный документ имеет в своем составе раздел «Термины и определения», в котором одни и те же понятия зачастую определяются по-разному. Например, понятие «сооружение» определяется так:

− «Сооружение – результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов...» (Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»);

− «К сооружениям относятся инженерно-строительные объекты, предназначенные для создания условий, необходимых для осуществления процесса производства путем выполнения тех или иных технических функций, не связанных с изменением предметов труда, или для осуществления различных непроизводственных функций: транспортные сооружения (автомобильные дороги и железнодорожные пути внутризаводского назначения, эстакады и т. д.), передаточные устройства (линии электропередачи, трубопроводы и другие передаточные устройства, имеющие самостоятельное значение и не являющиеся составной частью здания или сооружения и т. д.), гидротехнические сооружения (плотины, бассейны, градирни и т. д.), хранилища (всевозможные резервуары, баки и т. д.), стволы шахт, нефтяные скважины и т. д. ...» (Положение о порядке экономического стимулирования мобилизационной подготовки экономики, утв. Минэкономразвития РФ № ГГ-181, Минфином РФ № 13-6-5/9564, МНС РФ № БГ-18-01/3 02.12.2002)

− «…к подразделу „Сооружения“ относятся инженерно-строительные объекты, назначением которых является создание условий, необходимых для осуществления процесса производства путем выполнения тех или иных технических функций, не связанных с изменением предмета труда, или для осуществления различных непроизводственных функций...» (ОК 013-94. Общероссийский классификатор основных фондов. Утв. постановлением Госстандарта РФ от 26.12.1994 № 359).

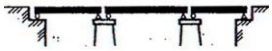
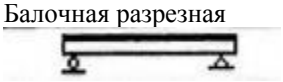
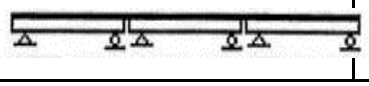
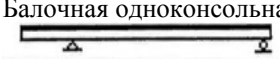
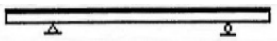
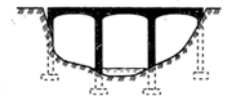
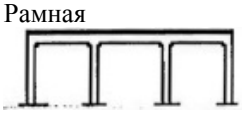
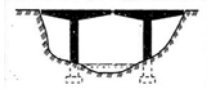
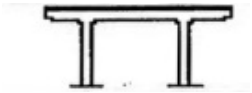
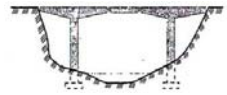
Как видно из приведенных примеров, определения достаточно объемные по количеству печатных знаков и сложные для понимания с первого прочтения.

Достоинством этих определений является лишь то, что для работы с базой данных по искусственным сооружениям они не нужны, ибо термин «сооружения» упоминается только в названии базы.

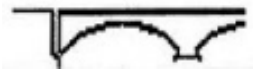
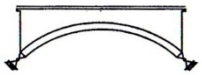
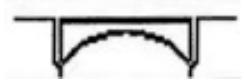
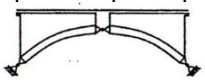
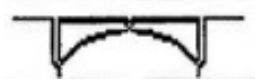
Современная база данных по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах федерального значения (АБДМ) существует уже в третьей реинкарнации. На этих трех вариантах можно проанализировать проблемы с классификацией и терминологией в области искусственных сооружений. Поскольку всю терминологию анализировать затруднительно вследствие ее большого объема, то анализ можно провести на примере классификации пролетных строений по статической схеме (таблица).

Таблица

Сравнительный анализ статических схем пролетных строений

	База «Монстр»	**Базы АИС ИССО и АБДМ**	**Комментарии**
Балочные статические схемы			
1	Балочная разрезная 	Балочная разрезная 	В базе «Монстр» балочных схем четыре, а в базах АИСС ИССО и АБДМ только три. В этой связи возникает вопрос об уровнях классификации. В какой момент необходим переход на следующий уровень, и какие критерии должны быть положены в основу такого перехода.
2	Балочная неразрезная с постоянной высотой	Балочная неразрезная	
3	Балочная неразрезная с переменной высотой		
4	Балочная температурно-неразрезная	Балочная температурно-неразрезная 	
Балочно-консольные статические схемы			
5		Балочная одноконсольная 	В базе «Монстр» и в базах АИСС ИССО и АБДМ совпадение только по одной схеме: «балочная двухконсольная». В этом случае имеет место различный подход уже к формированию корневого каталога балочно-консольных схем.
6	Балочно-консольная	Балочная двухконсольная 	
7	Балочно-консольная с подвесным пролетом		
Рамные статические схемы			
8	Рамная 	Рамная 	В случае классификации рамных схем имеет место не только различие в подходах между базами данных, но и значительные расхождения с многочисленными авторами учебников и других публикаций за последние 65 лет. Например, сравнение изображений рамно-консольной статической схемы в указанных базах показывает совершенно различный подход к пониманию этого термина. Кроме того, количество разновидностей рамных статических схем в приведенных здесь базах отличается в два раза. Если же исходить из воззрений вышеуказанных авторов, то количество разновидностей рамных статических схем по самым скромным подсчетам не менее четырнадцати.
9	Рамная с наклонными опорами		
10	Рамно-консольная 	Рамно-консольная 	
11	Рамно-подвесная 		

Продолжение таблицы

Арочные статические схемы			
12	Арочная безшарнирная	Арочная безшарнирная	В случае классификации арочных схем, также как и рамных, имеет место не только различие в подходах между базами данных, но и значительные расхождения с многочисленными авторами учебников и других публикаций за последние 65 лет. Например объяснить появление одношарнирной арочной схемы затруднительно с точки зрения каких-либо ее преимуществ по сравнению с другими арками. Наименование «арочная безраспорная» противоречит представлениям строительной механики, поскольку одна из особенностей арки в том и состоит, что в ней всегда есть распор. Другое дело, какими элементами сооружения в целом этот распор воспринимается. Многие авторы трактуют схемы как арочные, если распор воспринимается внешними по отношению к пролетному строению элементами сооружения, например, устоями (опорами). Схемы типа: «Арочно-балочная внешне распорная (балка жесткости над гибкой аркой)», «Арочно-балочная внешне безраспорная (балка жесткости под гибкой аркой)», и «Арочная с затяжкой» обычно относят к комбинированным системам на основе арки.
13		Арочная одношарнирная 	
14	Арочная двухшарнирная 	Арочная двухшарнирная 	
15	Арочная трехшарнирная 	Арочная трехшарнирная 	
16	Арочно-балочная внешне распорная (балка жесткости над гибкой аркой)		
17	Арочно-балочная внешне безраспорная (балка жесткости под гибкой аркой)		
18	Арочная с затяжкой		
19		Арочная безраспорная	
Комбинированные статические схемы			
20	Комбинированная система	Комбинированная Подпружно-балочные, консольно-рамные, висячие мосты с воспринятым распором, вантово-балочные и т. п.	В базе «Монстр» к комбинированным схемам отнесена только одна. По изображению этой схемы невозможно однозначно классифицировать ее с точки зрения строительной механики. Исходя из приведенного изображения, это может быть как балка с подпружной аркой, так и неразрезная балка с усиленным нижним поясом. В базах АИС ИССО и АБДМ из висячих мостов к комбинированным отнесены только висячие мосты с воспринятым распором, хотя, по мнению многих авторов, любой висячий мост с балкой жесткости относится к комбинированной схеме

Окончание таблицы

Висячие статические схемы			
21	Висячая с балкой жесткости	Висячая	В приведенных здесь базах висячая статическая схема рассматривается как самостоятельная. Однако, как указывалось выше, многие авторы считают висячие системы с балкой жесткости комбинированными. При этом, как видно из данных примеров, не всегда упоминается о наличии балки жесткости. Сравнение изображений позволяет сделать вывод, что у разработчиков этих баз данных отсутствует единое представление о классификации. В базе «Монстр» изображена висячая система с воспринятым распором. Однако аналогичная схема в базах АИС ИССО и АБДМ отнесена к комбинированным (см. строку 20). Не упоминается еще несколько статических схем висячих систем, а именно: − схема с закреплением кабеля к балке жесткости в середине пролета; − схема с наклонными подвесками; − схема с обратным кабелем и т. п.
Вантовые статические схемы			
22	Вантовая с балкой жесткости	Вантова	В приведенных здесь базах вантовая статическая схема, как и висячая, рассматривается как самостоятельная. Однако, как указывалось выше, многие авторы считают вантовые системы с балкой жесткости комбинированными. Вантовые статические схемы в современном понимании и не могут существовать без балки жесткости. Вантовые схемы без балки жесткости выделены в отдельный вид и называются вантовыми фермами. Разновидности вантовых систем с балкой жесткости в приведенных базах не упоминаются, хотя их достаточно много, например: − двухпилонные и однопилонные; − с внутренним и внешне воспринятым распором − с различным расположением вант − «арфа», «веер» и т. п.

В 2011 г. принят и введен в действие «ОДМ 218.2.012-2011. Классификация конструктивных элементов искусственных дорожных вооружений». К сожалению, указанный документ имеет ряд недостатков и охватывает только конструктивные элементы искусственных сооружений, то есть низовой ряд классификации, лежащий в основании пирамиды, вершиной которой является понятие «искусственное дорожное сооружение».

Какие-то сведения по классификации искусственных дорожных сооружений в настоящее время можно почерпнуть лишь из старых учебников [1; 2; 3; 4]. В трактовке различных авторов одни и те же сооружения могут обозначаться различными терминами или относиться к разным группам.

Литература

1. *Колоколов Н. М.* Искусственные сооружения: учебник для техникумов трансп. стр-ва / Н. М. Колоколов, Л. Н. Копац, И. С. Файнштейн; под ред. Н. М. Колоколова. – М.: Транспорт, 1988. – 440 с.

2. *Гибшман Е. Е.* Проектирование металлических мостов / Е. Е. Гибшман. – М.: Транспорт, 1969. – 416 с.

3. Мосты и тоннели на железных дорогах. Учебник для вузов / В.О. Осипов, В. Г. Храпов, Б. В. Бобриков и др.; под ред. В. О. Осипова. − М.: Транспорт, 1988. – 367 с.

4. *Гибшман М. Е.* Проектирование транспортных сооружений: учебник для вузов / М. Е. Гибшман, В. И. Попов. − М.: Транспорт, 1988. – 447 с.

СЕКЦИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

УДК [691.714:620.18:669.018.58-122-418]:621.77.016.3

Валерий Евгеньевич Гордиенко, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Анжелика Анатольевна Абросимова, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: val-gor@yande.ru, fotka3000@list.ru

Valeriy Evgenyevich Gordienko, Dr Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Anzhelika Anatolyevna Abrosimova, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: val-gor@yande.ru, fotka3000@list.ru

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

ON SOME FEATURES OF INFLUENCE OF DEFECTS ON THE PERFORMANCE OF STEEL WELDS

Рассмотрены различные факторы, влияющие на качество сварных соединений сварных металлических конструкций, проведен анализ дефектов сварных швов и причины их возникновения.

Приведены основные причины разрушения сварных металлоконструкций и предложен пассивный феррозондовый метод контроля для выявления дефектов и локальных зон концентрации напряжений в сварных соединениях.

Ключевые слова: сварные металлические конструкции, структурная и механическая неоднородность сварных соединений, пассивный феррозондовый метод контроля, зоны концентрации напряжений.

The authors examined various factors affecting the quality of welds of welded steel structures, analyzed the defects in the welds and their causes.

The article provides the main causes of the destruction of welded metal and offers passive flux-gate control method for the detection of defects and local stress concentration zones in welded joints.

Keywords: welded steel structures, structural and mechanical heterogeneity of welded connections, passive flux-gate control method, stress concentration zone.

Одной из важных проблем длительно эксплуатируемых сварных металлоконструкций (МК) является структурная, а, следовательно, и механическая неоднородность сварных соединений. Под механической неоднородностью сварных соединений понимается различие механических характеристик (прежде всего, предела текучести) металла различных его зон и участков [1]: сварного шва, зоны сплавления сварного шва с основным металлом, участка перегрева и зоны полной перекристаллизации.

Эта проблема становится все более актуальной из-за усложнения работы сварных металлоконструкций, интенсивности их длительной эксплуатации, расширением номенклатуры конструкционных сталей, в том числе, высокопрочных, и преждевременным наступлением предельного состояния сварных металлоконструкций.

К предельным состояниям сварных несущих металлических конструкций относятся такие состояния, когда длительная эксплуатация металлоконструкций считается невозможной, опасной или даже нежелательной. Так, появление локальных зон концентрации напряжений, образование трещин в элементах МК, потеря устойчивости – все это примеры различных предельных состояний. Во многих случаях наступление предельного состояния связывают с наличием в металле элементов МК таких явлений как прогиб балки свыше заданной величины, появление опасных локальных зон концентрации напряжений и другие [2].

Но самыми опасными предельными состояниями считают разрушения сварных несущих металлоконструкций и оборудования [3]. Однако наступление текучести металла, если и используется в последующих прочностных расчетах для определения необходимого сечения элементов МК, не относится к опасным, так как предопределяет изменение размеров элементов МК вследствие пластических деформаций металла.

Степень приближения технического состояния элементов сварных МК к предельному может быть различной, что всегда оценивают вероятностью отсутствия наступления предельного состояния. При этом чем выше такая вероятность, тем более высок уровень работоспособности сварной несущей металлоконструкции.

Под ***работоспособностью*** сварных металлоконструкций понимают их способность сопротивляться наступлению тех предельных состояний, которые ограничивают нормальную длительную эксплуатацию. Следует подчеркнуть, что основными источниками разрушений металлических конструкций являются сварные соединения, в которых из-за структурной и механической неоднородности чаще всего образуются опасные локальные зоны концентрации напряжений, а также различные технологические несплошности в процессе прохождения сварки.

Появление несплошностей, а также концентраторов напряжений, связанных с резкими переходами от основного металла к металлу сварного шва, способствует снижению работоспособности и надежности сварного соединения.

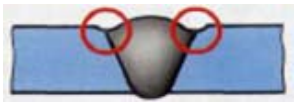
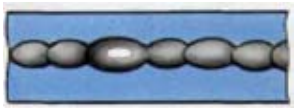
В табл. 1 представлены основные виды дефектов сварного шва и зоны термического влияния в соответствии с [4], а также причины из возникновения.

Поэтому ни один из современных способов сварки не обеспечивает получение бездефектного сварного соединения, так как на качество сварных соединений оказывают значительное влияние многочисленные факторы металлургического, технологического и производственного характера [5]. Это:

- неоднородность исходной структуры и механических свойств основного металла;
- многообразие и сложность формы сварных МК;
- остаточные сварочные напряжения в элементах, узлах и сварных соединениях МК;
- диффузионные процессы в металле, происходящие при высоких температурах;
- наличие температурных интервалов хрупкости;
- отрицательные температуры длительной эксплуатации сварных металлоконструкций.

Таблица 1

Дефекты сварных швов

Наименование	Причина	Наименование	Причина
Кратеры	– неправильная сварка конечного участка сварного шва; – обрыв электрической дуги	Подрезы 	– большая длина дуги; – высокий сварочный ток; – при изготовлении угловых швов электрод смещен в сторону вертикальной стенки
Поры	– загрязненные кромки изделий; – влажные электроды; – высокая скорость охлаждения сварного шва; – большая скорость сварки	Непровар	– небольшой угол скоса кромок изделий; – небольшой зазор между кромками; – значительная загрязненность кромок изделий; – высокая скорость сварки; – малый сварочный ток
Шлаковые включения	– грязные кромки изделий; – высокая скорость сварки; – недостаточный сварочный ток	Прожоги 	– избыточный зазор между кромками изделий; – высокий сварочный ток при недостаточной скорости сварки; – плохо поджата медная подкладка и флюсовая подушка
Несплавления металла	– недостаточная зачистка кромок изделий; – значительная длина электрической дуги; – весьма высокая скорость сварки; – малый сварочный ток	Неравномерная форма сварного шва	– смещенное направление движения электрода; – прерывистый режим сварки
Наплывы металла	– высокий сварочный ток; – длинная электрическая дуга; – неправильно выбран наклон электрода	Трещины	– высокая скорость охлаждения сварного соединения; – значительные напряжения в металле при жестком закреплении элементов конструкций; – высокое содержание серы или фосфора в металле
Свищи	– недостаточная пластичность металла сварного шва; – наличие структур закалки; – образование сварочных напряжений от неравномерного нагрева металла	Перегрев металла	– высокий нагрев металла в зоне термического влияния; – неправильный выбор величин тепловой мощности при сварке; – высокие значения мощности газового пламени или сварочного тока

К качественным сварным соединениям можно отнести сварные соединения, которые имеют прочностные и пластические характеристики металла во всех зонах и участках сварного соединения не ниже, чем у основного металла, но не превышающие их более, чем на 15...25 %. При этом, металл сварного соединения должен иметь характеристики пластичности не ниже, чем у основного металла, а сварной шов не должен содержать дефекты более установленной нормативными документами величины. Отсюда следует, что качество металла сварного шва должно обеспечиваться правильным выбором сварочных материалов (электродов, флюсов и т. д.) [6], а определение механических свойств сварного соединения проводится при отработке технологического процесса сварки [7].

Следовательно, наличие различных дефектов в сварных соединениях может значительно снижать работоспособность сварных конструкций и даже привести при определенных условиях к ее разрушению. При этом, наибольшую опасность представляют внутренние дефекты, так как для их обнаружения необходим неразрушающий контроль. В табл. 2 приведены основные причины разрушения сварных конструкций по данным Международного института сварки (МИС). К ним относятся:

- нерациональность формы сварных металлических конструкций;
- присутствие различных дефектов в сварных соединениях и элементах МК;
- значительные нарушения технологии проведения сварки.

Влияние дефектов зависит от значительного числа различных факторов:

- структуры и механических свойств конструкционных сталей;
- сложности сварной металлоконструкции;
- внешних схем нагружения сварной конструкции;
- наличия опасных зон концентрации напряжений;
- вида рабочей нагрузки (статическая, динамическая, ударная и т.д.);
- степени агрессивного воздействия коррозионной среды на конструкцию;
- рабочих температур;
- опасности отказа сварной металлоконструкции.

Таблица 2

Причины разрушения сварных конструкций	**Кол-во случаев разрушения, %**
Нерациональность спроектированных конструкций, в том числе:	28,8
Неправильное конструирование	22,5
Введение сварных узлов в участки повышенных напряжений	6,3
Наличие дефектов в сварных соединениях, в том числе:	21,3
Дефекты в швах или высокие остаточные напряжения	12,5
Дефекты формирования швов	8,8
Повышенные напряжения при эксплуатации, чрезмерные нагрузки	20,0
Нарушение технологии сварки трудносвариваемых сталей	18,7
Влияние коррозии	5,0
Неправильная подготовка перед сваркой	3,7
Неправильное применение смежных процессов	2,5

При этом важно располагать сведениями о влиянии наиболее вероятных дефектов на прочность сварных соединений в условиях, близких к реальным [8], что определяется формой и величиной дефектов, частотой их появления, металлом сварной конструкции, условиями длительной эксплуатации, рабочей температурой (положительная или отрица-

тельная), видом внешней нагрузки, наличием опасных локальных зон концентрации напряжений.

Поэтому для выявления дефектов и локальных зон концентрации напряжений в сварных соединениях неразрушающими методами контроля и, в частности, разработанным нами пассивным феррозондовым методом [9], необходимо знание особенностей формирования дефектов в сварном соединении, возникновения опасных локальных зон КН для оценки фактического напряженно-деформированного состояния сварных МК с учетом структурной и мех неоднородности сварных соединений.

Литература

1. *Бакши О. А.* Механическая неоднородность сварных соединений: текст лекций по курсу «Специальные главы прочности сварных конструкций». Ч. I / О. А. Бакши. – Челябинск, 1983. – 56 с.
2. *Винокуров В. А.* Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности / В. А. Винокуров, С. А. Куркин, Г. А. Николаев. – М.: Машиностроение, 1996. – 576 с.
3. *Горынин И. В.* Сопротивление разрушению сварных толстостенных корпусов высокого давления энергетического оборудования. Сообщ. 1. Статистический анализ дефектов и сопротивление разрушению корпусных материалов / И. В. Горынин, В. А. Игнатов, Ю. Г. Звездин и др. // Проблемы прочности. – 1985. – № 11. – С. 3–14.
4. ГОСТ 30242-97. Дефекты соединений при сварке металлов плавлением. Классификация, обозначение и определения / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Введ. 2003-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 8 с.
5. *Гордиенко В. Е.* Дефекты и их влияние на работоспособность строительных металлических конструкций / В. Е. Гордиенко // Актуальные проблемы современного строительства. 57-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых. Сборник докладов. Ч. II. СПбГАСУ. – СПб., 2004. – С. 136–138.
6. *Бельчук Г. А*. Сварка судовых конструкций / Г. А. Бельчук, К. М. Гатовский, Б. М. Кох. – Л.: Судостроение, 1980. – 448 с.
7. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. акад. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 778 с.
8. *Белокур И. П.* Дефектология и неразрушающий контроль. Учеб. пособ. / И. П. Белокур. – Киев: Выща шк., 1990. – 207 с.
9. *Гордиенко В. Е.* Пассивный феррозондовый контроль структуры металла и внутренних напряжений в элементах сварных МК / В. Е. Гордиенко; С.-Петерб. архит. строит. ун-т. – СПб., 2010. – 110 с.

УДК [691.714:620.18:669.018.58-122-418]:621.77.016.3

Валерий Евгеньевич Гордиенко, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Елена Васильевна Трунова, учебный мастер
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: val-gor@yandex.ru, elena.trunova.80@mail.ru

Valeriy Evgenyevich Gordienko, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Elena Vasilevna Trunova, Training Expert
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: val-gor@yandex.ru, elena.trunova.80@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В КОРРОЗИОННЫХ СРЕДАХ

SIMULATION OF DISMANTLING OF WELDED METAL STRUCTURES USED IN CORROSIVE ENVIRONMENT FOR A LONG TIME

Рассмотрена проблема взаимодействия длительно эксплуатируемых металлических конструкций с агрессивными коррозионными средами, а также математические модели расчета сварных металлоконструкций с учетом влияния коррозионной среды, влияния напряженно-деформированного состояния и общих и локальных коррозионных повреждений.

Показано, что при расчете сварных металлоконструкций, работающих в агрессивных коррозионных средах, следует учитывать не только общую равномерную коррозию поверхности элементов МК, но и локальную в отдельных местах с образованием зон концентрации напряжений, приводящую к изменению расчетной схемы и способной вызывать перераспределение действующих напряжений и преждевременное наступление предельного состояния.

Приведены основные этапы расчета сварных металлоконструкций, длительно работающих в агрессивных коррозионных средах.

Ключевые слова: сварные металлические конструкции, коррозионная среда, общая и локальная коррозия, математические модели коррозионного износа, феноменологическая модель.

The paper considers a problem of interaction between metal structures used for a long time and aggressive corrosive environment. Besides, mathematical models for calculation of welded metal structures have been studied, considering the effect of corrosive environment, stress and strain state as well as total and local corrosive damages.

It is demonstrated that, when making calculations of welded metal structures operating in aggressive corrosive environment, not only total equal surface corrosion of metal structure elements shall be considered but also the local one in certain places with the formation of stress concentration zones leading to changes in the design model, redistribution of working stresses, and early occurrence of a limit state.

Main stages for making calculations of welded metal structures used in aggressive corrosive environment for a long time are suggested.

Keywords: welded metal structures, corrosive environment, total and local corrosion, mathematical models of corrosion wear, phenomenological model.

Проблеме взаимодействия длительно эксплуатируемых сварных металлических конструкций с агрессивными коррозионными средами посвящено большое количество работ, однако в подавляющем числе из них проведен только анализ и соответствующая систематизация экспериментальных данных по оценке влияния агрессивных сред на техническое состояние и долговечность сварных металлоконструкций.

Так, при изучении влияния коррозионной среды на работоспособность сварных металлических конструкций наибольшее внимание уделялось самому распространенному виду общей или сплошной коррозии [1; 2; 3], при которой возникает равномерное повреждение поверхностей элементов МК в агрессивной коррозионной среде. Поэтому справочные данные о влиянии коррозионных сред на металлы и сплавы представляют обычно средние значения скорости коррозии. Вследствие чего в нормативных документах предлагается коррозионный износ учитывать с увеличением толщины элементов металлоконструкций на величину, равную произведению средней скорости коррозии на срок службы сварной металлоконструкции [4]. Тогда, когда имеется локальная коррозия, ее влияние предлагается учитывать методом приведения, т. е. фактическое сечение заменять на условное сплошное, равноценное по критериям жесткости и прочности фактическому сечению.

Значительно меньше работ посвящено разработке теоретических подходов к прогнозированию поведения длительно эксплуатируемых сварных металлических конструкций в агрессивных коррозионных средах. В то же время расчет сварных металлоконструкций с учетом влияния агрессивных коррозионных сред требует разработки расчетных математических моделей, т. е. в совокупности уравнений, описывающих процессы деформирования и разрушения элементов металлических конструкций и описывающих процессы взаимодействия металла сварных МК с коррозионной средой. При этом необходимо использовать такие модели, которые могли бы описывать кинетику коррозионного разрушения сварных металлоконструкций. В то же время изменение условий длительной эксплуатации, а также значительное число различных факторов (действующие напряжения, степень агрессивного воздействия коррозионной среды, исходная структура металла и др.), влияющих на скорость протекания процессов коррозии, не позволяет создать точную модель, поэтому математическое моделирование основывается на экспериментальных данных и сводится к математическому описанию процесса изменения некоторых основных параметров во времени, таких как глубина коррозии, потеря массы металла, изменение площади сечения и др.

Все математические модели коррозионного износа сталей можно разделить на модели:

- описывающие физико-химические процессы коррозии на причинном уровне;
- феноменологические, дающие описание кинетики изменения параметров состояния в виде эмпирической зависимости во времени.

Большинство существующих моделей относится ко второму виду. Феноменологические математические модели, как правило, сводятся к построению эмпирических формул, приближенно описывающих экспериментальные данные. При подборе эмпирических формул вид функциональной зависимости выбирается «по внешним признакам», так, чтобы выбранная формула качественно верно отражала характер расположения экспериментальных точек на графике «износ – время». Ясно поэтому, что выбранная формула может не иметь ничего общего с «настоящей» закономерностью и не всегда может быть достаточно надежной основой для прогнозирования – в этом состоит основная слабость феноменологических моделей по сравнению с моделями причинно-следственного типа.

Феноменологическая модель для прогнозирования остаточного ресурса сварных металлических конструкций должна отвечать таким априорным требованиям:

- Точность описания экспериментальных данных. Модель должна описывать получаемые данные в пределах ошибки измерения.
- Универсальность. Модель должна быть пригодной для описания любого наблюдаемого коррозионного процесса при разных сочетаниях внешних факторов, влияющих на процесс коррозии.
- Простота определения параметров модели. Феноменологическая модель не должна требовать сложных программ для определения ее основных параметров.
- Точность качественного описания процесса. Функция, описывающая процесс коррозии, должна быть непрерывно монотонно возрастающей, гладкой и равной нулю при $t = 0$, а скорость коррозии всюду ограниченной и при $t \to \infty$ быть убывающей.

Чаще всего для научных исследований и проведения расчетов коррозионных разрушений сварных металлических конструкций используются математические модели, представляющие алгебраические или трансцендентные выражения, связывающие параметр повреждения со временем, или дифференциальные уравнения, описывающие кинетику развития коррозионных повреждений с учетом различных факторов во времени. В этом случае наиболее полезным будет использование банка математических моделей коррозии [1; 5], в котором содержится информация о видах моделей, рекомендации по работе с разными моделями.

Если же напряженно-деформированное состояние металла влияет на скорость коррозионного разрушения, то необходимо использовать математические модели, учитывающие этот фактор.

Для учета локальных коррозионных повреждений и их развития в процессе длительной эксплуатации сварных металлоконструкций требуется разработка математических моделей, учитывающих изменения расчетных схем вследствие появления таких повреждений и образования локальных зон концентрации напряжений.

Математические модели, учитывающие локальные коррозионные повреждения и изменение в связи с этим расчетных схем металлических конструкций предложены в работах [6; 7]. В этих работах локальное повреждение моделируется введением дискретной упругой связи, кинетика изменения жесткости которой отражает влияние агрессивной коррозионной среды. Дискретные упругие связи могут передавать как продольные, так и поперечные, а также и моментные усилия. В этом случае используются как функциональные, так и дифференциальные зависимости, такие как:

- степенная зависимость:

$$C = C_0 - at^b;$$

- экспоненциальная зависимость:

$$C = C_0 \exp(-at);$$

- дробно-рациональная зависимость:

$$C = \frac{C_0}{(1 + at^b)};$$

- асимптотическая зависимость:

$$C = \frac{a}{t_b},$$

где a и b – коэффициенты.

Таким образом, при расчете сварных металлоконструкций, работающих в агрессивных коррозионных средах, следует учитывать не только общую равномерную коррозию поверхности элементов МК, но и локальную в отдельных местах с образованием зон концентрации напряжений, приводящую к изменению расчетной схемы и способной вызывать перераспределение действующих напряжений и преждевременное наступление предельного состояния.

Учитывая вышесказанное, расчет сварных металлических конструкций, длительно работающих в агрессивной коррозионной среде, должен включать следующие этапы:

- анализ полученных экспериментальных данных и выбор необходимой модели;
- определение коэффициентов выбранной математической модели по экспериментальным данным;
- разработка методики и алгоритма расчета сварной металлоконструкции и составлений рабочей программы;
- проведение расчетов и их анализ, сопоставление с проведенным экспериментом.

Выбор математической модели определяется наличием экспериментальных данных достаточным количеством подходящих моделей, опытом и искусством исследователя. Оценку пригодности результатов расчета необходимо проводить при помощи проверочных расчетов, сущность которых состоит в решении некоторого количества специально подобранных задач, которые довольно точно воспроизводят качественные результаты проведенных экспериментов.

Литература

1. *Овчинников И. Г.* Банк математических моделей коррозионного износа, применяемых для прогнозирования поведения металлоконструкций / И. Г. Овчинников, М. С. Дворкин, Х. А. Сабитов // Проблемы прочности материалов и конструкций, взаимодействующих с агрессивными средами: межвуз. научн. сб. – Саратов: СГТУ, 1993. – С. 141–150.

2. *Овчинников И. Г.* Тонкостенные конструкции в условиях коррозионного износа. Расчет и оптимизация / И. Г. Овчинников, Ю. М. Почтман. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1995. – 192 с.

3. *Овчинникова Г. Н.* Расчет сложных стержневых конструкций с учетом кинетики развития распределенных и локальных коррозионных повреждений: автореф. дисс. … канд. техн. наук: 05.23.17 / Г. Н. Овчинникова. – Волгоград, 1996. – 24 с.

4. Строительные нормы и правила. Часть 2. Глава 23. Стальные конструкции. Нормы проектирования / Центральный институт типового проектирования – М., 1990. – 142 с.

5. *Овчинников И. Г.* Моделирование кинетики коррозии металлоконструкций с использованием банка математических моделей коррозии / И. Г. Овчинников, Н. Б. Кудайбергенов, М. С. Дворкин // Про-

блемы повышения надежности и долговечности конструкций зданий и сооружений: сб. трудов. – Шымкент: Каз. ХТИ, 1993. – С. 71–80.

6. *Овчинников И. Г.* Расчет сложных стержневых конструкций с учетом кинетики развития коррозионных повреждений / И. Г. Овчинников, Г. А. Наумова, Г. Н. Овчинникова; Сарат. гос. техн.ун-т. – Саратов, 1999. – 135 с.

7. *Овчинникова Г. Н.* Прогнозирование работоспособности статически неопределимых стержневых конструкции с учетом кинетики развития локальных коррозионных повреждений / Г. Н. Овчинникова; Сарат. гос. техн. ун-т. – Саратов, 1994. – 11 с.

УДК 621.976:693.554.6:62-86

Станислав Михайлович Грушецкий, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Денис Сергеевич Орлов, документовед
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: grushetsky.stanislav@yandex.ru, 5750195@mail.ru

Stanislav Mikhailovich Grushetsky, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
*(*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*)*
Denis Sergeevich Orlov, records manager
*(*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*)*
E-mail: grushetsky.stanislav@yandex.ru, 5750195@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И АУДИТ МЕСТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП

STUDY AND AUDIT OF LOCATIONS OF FREQUENT ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

Аудит мест концентрации ДТП – это вид независимой проверки и оценки уровня обеспечения безопасности дорожного движения в месте исследования и выявления конкретной закономерности причин возникновения ДТП и мер по их предотвращению. Безопасность дорожного движения можно оценить исходя из разных критериев, но главным и самым важным критерием безопасности дорожного движения оставалось и остается снижение количества ДТП, особенно с пострадавшими. В настоящей статье обозначены основные места концентрации мест ДТП, факторы возникновения опасности для движения, проведен краткий анализ данных факторов, даны рекомендации по снижению риска возникновения ДТП.

Ключевые слова: ДТП, концентрации ДТП, безопасность дорожного движения, причины ДТП, анализ ДТП.

An audit of locations of frequent road traffic accidents is a type of independent audit and assessment of road traffic safety in the studied location to detect a consistent pattern of causes of road traffic accidents and determine measures to prevent them. Road traffic safety can be assessed on the basis of various criteria, but decrease in the number of road traffic accidents, particularly, the ones with injuries, has always been the main and most important criterion for assessment of road traffic safety. This article defines the main locations of road traffic accidents and factors of dangerous traffic. The article gives a short analysis of these factors and gives recommendations on how to reduce the risk of road traffic accidents.

Keywords: road traffic accident, frequent road traffic accidents, road traffic safety, causes of road traffic accidents, road traffic accident analysis.

Статистика ДТП с пострадавшими показывает, что на сегодняшний день на дорогах нашей страны в течение суток погибает порядка 80 человек, что, с технической точки зрения, равносильно ежедневному крушению самолета. В целом на безопасность дорожного движения главным образом оказывала и оказывает влияние известная система «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда» («ВАДС»). Обеспечить безопасность дорожного движения полностью на 100 % не представляется возможным. Причиной этому является возможные сбои системы «ВАДС». Конкретно, даже если предположить, что, например, в одной из подсистем «Водитель» не будет никаких ошибок при выполнении требований Правил Дорожного Движения (ПДД) их участниками, то в других подсистемах при этом возможны сбои. Например, в подсистеме «Автомобиль», в это время, может возникнуть отказ в работе систем активной безопасности (в рабочей тормозной системе, в системе рулевого управления, в колесах транспортного средства (ТС)). Если рассматривать подсистему «Дорога», то, например, в этой подсистеме могут, в то же время, быть несоответ-

ствия параметров дорожного участка предъявляемым требованиям (поперечный и продольный профили, наличие колейности, ям, выбоин и прочих неровностей), а также несоответствие схемы организации дорожного движения на конкретном дорожном участке (нарушение в установке дорожных знаков, нарушение в дорожной разметке, нарушение в установке светофорных постов и т. д.). В подсистеме «Среда» можно, в качестве примера, привести ситуацию с сильным снегопадом, когда количество осадков значительно превышает ежедневную или месячную норму или, например, когда сход снежной лавины на проезжую часть дороги блокировал движение, наводнение, землетрясение и т. д. Общим в этой подсистеме является то, что она не зависит от человеческого фактора с точки зрения ее возникновения.

Все указанные выше подсистемы могут проявляться как в отдельности, так и в совокупности, влияя на безопасность дорожного движения в большей или в меньшей степени. Анализируя изложенное можно придти к выводу о том, что даже, если безопасность дорожного движения нельзя обеспечить полностью на 100 %, то можно определить условия, при которых будет возможно влиять на систему «ВАДС». Этим условием оставалось и остается поддержание рабочей ситуации и не допущение аварийной нерабочей ситуации. Что такое рабочая и аварийная (нерабочая) ситуация. В каждой подсистеме это, безусловно, свое.

В подсистеме «Водитель» рабочая ситуация, в первую очередь, означает выполнение всеми участниками дорожного движения требований ПДД [1], что, в свою очередь, может гарантировать несоздание опасности для движения (см. ниже) для других участников, и это, в свою очередь, гарантирует безопасность в пределах требований ПДД [1]. К сожалению, это возможно только при условии, что водитель не совершит ошибку. Как известно, человеческий фактор является одним из самых «слабых факторов», и человек склонен к ошибке, и исключить ошибку любого человека невозможно. Таким образом, с момента совершения ошибки, нарушения требований ПДД [1] участником или участниками дорожного движения, для другого участника или других участников рабочая ситуация меняется на аварийную, которая в подсистеме «Водитель» называется не иначе, как «Опасность для движения». Как термин согласно [1–6], «Опасность для движения» означает ситуацию, возникшую в процессе дорожного движения, при которой продолжение движения в том же направлении и с той же скоростью создает угрозу возникновения ДТП. Практически все пункты ПДД [1] имеют прямое отношение к рабочей ситуации, и только лишь вторая часть пункта 10.1 ПДД [1] регламентирует действия водителя при возникновении опасности для движения. Вторая часть пункта 10.1 ПДД [1] имеет очень глубокий смысл, который следует увидеть при его прочтении, возможно даже не с первого раза. Для этого проанализируем вторую часть пункта 10.1 ПДД [1] с точки зрения безопасности дорожного движения. В начале процитируем его: «При возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен применить возможные меры к снижению скорости, вплоть до остановки транспортного средства». Во-первых, что на простом языке может означать приведенный выше термин «Опасность для движения». Это объект, который появляется или может появиться в полосе или в условном коридоре движения транспортного средства, которого согласно рабочей ситуации (см. выше) в данном месте и в данное время быть не должно, согласно всем остальным пунктам ПДД [1], и появление указанного объекта приводит или может привести к угрозе возникновения ДТП. Во-вторых, что означает в данном пункте «… которую в состоянии обнаружить …». Это означает, что в реальных условиях водитель, как участник дорожного движения, не всегда может своевременно обнаружить ту или иную опасность. В экспертной практике этот процесс называется распознанием водителем опасности для движения. Сказанное можно пояснить на следующем примере: допустим, участок дороги, по которому водитель ТС осуществляет движение в условиях темного времени суток и дождя, не имеет уличного искусственного освещения, видимость в свете фар. В процессе движения вышеуказанный

водитель совершает наезд на препятствие, находящееся на проезжей части дороги, например, в виде темного металлического предмета, которое до самого наезда он не видел, так как препятствие сливалось с проезжей частью дороги. Еще один другой пример, когда водитель большегрузного ТС совершает столкновение с ТС, которое не видит в силу того, что ТС, с которым, как выяснилось позже, имел место контакт, находилось в «мертвой» или даже в «смертельной» зонах видимости. Разница в этих двух понятиях «мертвой» и «смертельной» зонах видимости выражается в том, что в первом случае периодически видимость появляется, в зависимости от скорости движения ТС, угла поворота ТС, его взаимного положения и др., а, соответственно, во втором случае, видимости нет никогда и ни при каких обстоятельствах. В-третьих, в случае если водитель обнаружил (распознал) опасность для движения, то далее совершенно четко регламентируется порядок действий. Необходимо применить возможные меры к снижению скорости. Это буквально означает, что совершенно необязательно применять всегда экстренное торможение, как это трактуют многие, даже компетентные лица, необходимо, оценив дорожную ситуацию выбрать наиболее правильное решение, которое позволит эффективно снизить скорость движения ТС и остаться ТС в коридоре условного движения без потери поперечной курсовой устойчивости (без заноса) ТС. Допускается боковое смещение ТС при применении эффективного торможения водителем на величину не более одного метра [2–6]. Таким образом, главным во второй части пункта 10.1 ПДД [1] является то, что при возникновении опасности для движения, которую водитель в состоянии обнаружить, он должен принять все эффективные меры для остановки ТС без потери курсовой устойчивости (заноса). Например, на скользком покрытии на ТС, не оборудованном системой АВС и с механической трансмиссией, наиболее эффективным способом снижения скорости будет совместное применение рабочей тормозной системы в режиме прерывистого воздействия на ее педаль и торможение двигателем.

К сожалению, многие водители при возникновении опасности для движения применяют отворот руля. Проанализируем данное явление на следующем примере. Дорога с двухсторонним движением имеет четыре полосы, по две полосы в каждом направлении. В качестве осевой линии – двойная сплошная линия – линия 1.3 [1] горизонтальной дорожной разметки. Между попутными полосами – прерывистая линия горизонтальной дорожной разметки – линия 1.5 [1]. Водитель ТС движется по правой полосе. В какой-то момент времени в полосе движения ТС появляется объект – другое ТС, водитель которого, выехав с прилегающей территории, создал помеху, опасность для движения водителю первого ТС. При возникновении которой водитель первого ТС, избегая столкновения с другим, условно вторым ТС, применяет резкий отворот руля влево и смещается во вторую попутную полосу движения, продолжая движение по ней. Столкновения между условными первым и вторым ТС не имело места. Анализируя данную ситуацию с точки зрения не соответствий действий водителя первого ТС требованиям ПДД [1], можно придти к выводу, что при отсутствий факта контакта между этими двумя ТС, действия первого водителя следует квалифицировать как объезд возникшего препятствия без нарушения других требований ПДД [1], что в свою очередь ПДД [1] не запрещается, но и не приветствуется, с другой стороны. Теперь рассмотрим тот же пример, но с другим финалом. Допустим, что после резкого отворота рулем влево первым водителем, движущимся по дороге, при перестроении с первой полосы во вторую, в это время по второй полосе в попутном направлении двигалось некоторое третье ТС, с которым произошло столкновение первого ТС. В результате которого третье ТС было отброшено на сторону встречного движения, где произошло встречное лобовое столкновение третьего ТС и условно четвертого ТС, движущегося во встречном направлении по своей полосе. При этом столкновение первого ТС и второго ТС, водитель которого создал помеху для движения первого ТС, не имело места. По факту мы имеем дело во втором финале с одной и той же ситуацией, что и в первом случае, но отворот руля водителем влево явился здесь причиной двух столкно-

вений, сперва с попутным условно третьим ТС, а после и со встречным условно четвертым ТС. Анализ последнего примера показал, что, как правило, отворот руля водителем при возникновении опасности для движения происходит на подсознательном уровне (безусловный инстинкт). Его еще называют инстинктом самосохранения. Время на его осуществление – время реакции водителя в данном случае составляет порядка 0,3 с [2–6]. Только через порядка 0,7 с [2–6] вдогонку начитает работать уже условный инстинкт – это наши знания и привычки, приобретенные в процессе жизни, но опасный отворот руля водителем уже осуществлен. Таким образом, учитывая изложенное, можно сказать, что отворот руля при возникновении опасности для движения, как правило, чреват, так как может создать еще большую опасность другим участникам движения. Таким образом, вторая часть пункта 10.1 ПДД [1] имеет именно редакцию, указанную выше. Для установления связи между отворотом руля водителем при возникновении опасности для движения и ДТП необходимо проведение комплексной трасологической, автотехнической, экспертизы на предмет: «Имел ли место контакт между ТС при прямолинейном движении одного из них». Действующие ПДД [1] не являются законом, несмотря на то что регламентируют отношения между участниками движения. Уголовная ответственность может наступить только в случае тяжкого вреда у пострадавшего или пострадавших при ДТП. До этого момента нарушение требований ПДД [1] является административной практикой и регламентируется КоАПом РФ (Кодексом об административных правонарушениях РФ) [7]. ПДД [1] являются далеко не совершенным документом, поскольку многие пункты ПДД [1] можно трактовать буквально по-разному даже на уровне компетентных лиц, что значительно препятствует правильному, по мнению авторов, с точки зрения безопасности дорожного движения, их пониманию.

В подсистеме «Автомобиль» рабочая ситуация, в первую очередь, означает работоспособность при движении ТС как систем активной безопасности (те системы, на которые может влиять водитель при управлении ТС с целью обеспечения безопасности движения), так и систем пассивной безопасности (те системы, которые заложены конструкцией ТС и на которые водитель ТС не может влиять при управлении ТС). Отказ в работе данных систем приводит к созданию аварийной опасной для движения ТС ситуации [8; 9]. В качестве примера, можно привести мгновенную разгерметизацию переднего левого колеса автопоезда, обрыв рулевой тяги ТС, отказ в работе рабочей тормозной системы ТС и т. д.

В подсистеме «Дорога» рабочая ситуация – это когда параметры дорожного участка и организация движения соответствуют предъявляемым к ним требованиям [10–16]. В противном случае водитель ТС, как участник дорожного движения, может быть лишен возможности выполнить требования ПДД [1]. Например, на дорожном участке, где между прерывистой осевой линией горизонтальной дорожной разметки – линией 1.5 [1] – и сплошной линией горизонтальной дорожной разметки – линией 1.1 [1] – нанесена линия горизонтальной дорожной разметки – линия 1.6 [1] – линия «приближения», длина которой не соответствует предъявляемым требованиям в конкретной дорожной ситуации. Данная ситуация может спровоцировать опасность для движения, которая выражается в том, что водители, начавшие обгон, могут не успеть завершить маневр до начала сплошной линии горизонтальной дорожной разметки. Даже в том случае, если должностным лицом будет составлен протокол об административном нарушении в отношении водителя в конкретной ситуации, то есть в части нарушения в подсистеме «Водитель», то в случае обжалования данного протокола в суде и его отмены, например, после проведения соответствующей судебной экспертизы, безопасность движения на этом дорожном участке не изменится и не достигнет другого, более высокого уровня. Для того чтобы был положительный результат, необходима правильная реакция исполнительной власти на изменение этой ситуации в лучшую сторону. Конкретно это означает, что, допустим, после вынесения решения судом об отмене вышеуказанного протокола необходимо тому же суду дать предписания соответствующим органам и инстанциям пересмотреть и, при необходимо-

сти, внести изменения в схему организации дорожного движения с целью повышения безопасности [10–16].

В подсистеме «Среда» рабочая ситуация означает отсутствие погодных условий, выходящих из под контроля соответствующих служб, в компетенцию которых входит принятие соответствующих мер для обеспечения безопасности в целом, в том числе и безопасности дорожного движения. В противном случае, это уже будет нерабочая аварийная ситуация в данной подсистеме.

В рамках вышеуказанной системы ВАДС можно выделить следующие основные, в виду ограниченности объема настоящей статьи, концентраторы ДТП (места концентрации ДТП):

– сужение проезжей части, имеющей несколько полос в одном направлении;

– отсутствие местных уширений в конфликтных точках, в том числе в местах расположения остановок маршрутных ТС;

– неправильная организация дорожного движения на участках дорог, имеющих подъемы и спуски, крутые повороты и опасные закругления (дорожная разметка, скоростной режим);

– наличие большого количества ям, выбоин и др. неровностей на дорожных участках, где осуществляется движение ТС;

– отсутствие дорожной разметки;

– нерегулируемые пешеходные переходы, в том числе наличие дорожной горизонтальной разметки 1.14.1, 1.14.2 [1] или даже ее фрагментов при отсутствии дорожных знаков 5.19.1, 5.19.2 «Пешеходный переход» [1]. Такая ситуация недопустима;

– наличие дорожной разметки, противоречащей другим элементам в организации дорожного движения, вызывающим «провокации»;

– неправильная установка основного и дублирующего светофора, в том числе его отсутствие;

– неправильная организация работы светофорного поста, в том числе смещение фаз работы светофора при регулировании встречного направления движения (незаконно с юридической точки зрения);

– высокое расположение дорожных знаков, ограничивающих (закрывающих) видимость светофора особенно дублирующего;

– несоответствие (несовпадение) мест установки дорожного знака 5.17 «Место остановки трамвая» [1] с фактическим расположением трамвайных остановок в случаях их расположения на проезжей части;

– необоснованное сохранение в установке временных дорожных знаков 3.29, 3.30 «Стоянка запрещена по нечетным и, соответственно, по четным числам месяца» [1] на многих участках городских улиц в летний период эксплуатации после зимы при полноценной фактической ширине проезжей части для движения ТС в двух направлениях;

– недостаточное освещение пешеходных переходов, в том числе, и на перекрестках в темное время суток и в условиях недостаточной видимости;

– движение велосипедистов по пешеходным переходам;

– недостаточное освещение перекрестков вне населенных пунктов в Ленинградской области;

– жесткое, не всегда объективно оправдывающее себя, ограничение остановки и стоянки ТС в черте населенных пунктов не в центре города.

Вот только некоторые основные концентраторы ДТП (места концентрации ДТП) над которыми необходимо постоянно работать и повышать на них безопасность дорожного движения.

Далее хотелось бы назвать основные принципы, «законы» движения, особенно в черте населенных пунктов:

– заранее планировать маршрут своего движения;

– стараться делать как можно меньше остановок. Добиться этого можно путем прогнозирования своего движения и соблюдением дистанции. При выдерживании недостаточной дистанции между движущимися ТС водители чаще применяют торможение и образуется «остановочная волна», которая может растягиваться на сотни метров и даже километров. Реальное прогнозирование дистанции значительно позволяет уменьшить количество таких остановок потока ТС, а следовательно, скорость его движения будет выше;

– двигаться по возможности с постоянной скоростью, что неразрывно взаимосвязано с предыдущим положением;

– быть неагрессивным и вежливым ко всем участникам движения. В настоящее время пока официально не существует термин «Агрессивное вождение», но, с технической точки зрения, по мнению авторов, агрессивным вождением, учитывая проведенный выше анализ, совершенно справедливо можно назвать созданием опасности (см. выше) для движения преднамеренно.

Анализ указанных выше «законов» движения позволяет заметить, что в большей части на природу образования трудностей движения влияет все-таки человеческий фактор, при этом нельзя и забывать про организацию дорожного движения.

Отсюда возникает еще один важный закон движения, который в общем выражается в том, что ПДД [1] и организация дорожного движения [10–17], прежде всего, должны быть настроены на повышение безопасности дорожного движения, пропускной способности любого дорожного участка и т. д., то есть работать опять же, прежде всего, на участников дорожного движения, а не наоборот. Сказанное можно пояснить на следующем примере. Допустим, при открытии некоторого дорожного участка были приняты необходимые меры безопасности по организации дорожного движения. Далее в процессе эксплуатации данного участка выявилась закономерность совершения одинаковых административных правонарушений участниками движения. В этом случае это означает, что организация движения на данном участке недостаточна на имеющимся уровне. Необходима коррекция в организации дорожного движения на данном участке, чтобы подвести нормативную и законодательную базу под участников движения, а не наоборот. Необходимо сделать так, чтобы участникам движения было безопасно и удобно пользоваться дорожным участком, а после уже добиться выполнения необходимых требований участниками. Для этого можно организовать мониторинг на конкретном дорожном участке и понаблюдать, как реально им пользуются участники движения («эффект муравейника»). Таким образом, сами участники должного движения подскажут и помогут увидеть наиболее правильное решение организаторам движения.

Далее хотелось бы указать на важные моменты, которые, по мнению авторов, могли бы снизить общее количество происходящих ДТП и травматизм при дорожном движении, с учетом того, что общее количество ТС ближайшее время будет только увеличиваться:

– Повысить уровень подготовки водительских кадров в автошколах страны на всех уровнях подготовки. К сожалению, фактически автошколы сегодня дают кандидатам в водители только первоначальные навыки вождения. Кроме этого необходимо научить их поддерживать рабочую ситуацию на всем протяжении движения (см. выше). Для этого необходимо научиться прогнозировать (предвидеть, «чувствовать») опасность для движения. Уметь увидеть признаки среди других, которые могут указывать на предстоящую опасность для движения. Научиться давать о себе как можно больше информации другим участникам при движении, в том числе заблаговременно, так как ошибка многих участников движения заключается в том, что они думают, что другие участники думают также как они. Одинаковых участников дорожного движения не бывает.

– Обязать на уровне ПДД [1], водителей, пользующихся ходовыми огнями, включать всегда при этом и габаритные огни, так как сзади ТС никак не обозначается. При этом в условиях недостаточной видимости, например сумерки, многие водители в нару-

шение требований пп.19.1, 19.4, 19.5 ПДД [1], забывают включать фары, продолжая двигаться с включенными лишь только ходовыми огнями.

– Необходимо строить быстровозводимые дорожные развязки на разных уровнях, чтобы избежать перекрестков.

– Установить или сделать лучшим освещение всех пешеходных переходов, в том числе и на перекрестках.

– Установить стационарные камеры наружного наблюдения на всех перекрестках, особенно на аварийных. Это стоит того, так как позволит правильно анализировать спорные ситуации и исключать ложные версии участников ДТП.

– Обязать на законодательном уровне водителям ТС устанавливать видеорегистраторы на все ТС и пользоваться ими при движении.

– Обязать организаторов движения совместно с органами ГИБДД организовать мониторинг всех наиболее значимых дорожных участков и мест их пересечении для быстрого при необходимости реагирования на ту или иную ситуацию, чтобы избежать ее выхода из-под контроля. Исключить это.

– Обязать пешеходов на уровне ПДД [1] приостанавливаться при выходе на проезжую часть в любом случае перехода.

– Обязать организации, ответственные за эксплуатацию того или иного дорожного участка при условии невозможности своевременного незамедлительного реагирования по устранению неровностей, не ограничиваться установкой только лишь необходимых дорожных знаков 1.16 «Неровная дорога» [1], а дополнительно обозначать недопустимые ямы и выбоины [9; 10], которые могут привести к катастрофе, например, использовать специальную краску для их обозначения. Для справки, такие неровности мгновенно не образуются.

– Уменьшить количество левых поворотов.

– Увеличивать дорожные участки с односторонним движением.

– Подумать о том, как на уровне ПДД [1] возможно было бы обозначить световой указатель разворота, так как этот маневр, безусловно, с точки зрения безопасности, было бы не лишним выделить отдельно от поворота налево.

– Можно назвать еще много мер, которые могли бы повысить безопасность движения на практике, но виду ограниченности объема настоящей статьи на этом остановимся.

– Необходимо помнить, что вносить серьезные значимые изменения в ПДД [1] либо нельзя вообще, либо делать это можно предельно осторожно, не воздействуя на ее структуру. При этом все возможные изменения должны быть до предела логичны, то есть необходимо сделать так, что бы нарушить требование участником было бы нелогичным с любой точки зрения, либо невозможным. Это связано с тем, что большая армия водителей получали водительское удостоверения десятки лет назад и не все они, к сожалению, ведут просветительский образ жизни и запретить им осуществлять движение, то сесть выводить их из «игры» никто не имеет права.

Таким образом, в настоящей статье были обозначены основные места концентрации мест ДТП, факторы возникновения опасности для движения, проведен краткий анализ данных факторов, даны рекомендации по снижению риска возникновения ДТП. Выполнение вышеуказанных положений, по мнению авторов, в значительной мере может повлиять на безопасность дорожного движения в целом.

Литература

1. Правила дорожного движения 2016 (Новые правила ПДД с изменениями от 22 сентября 2016 года): утверждены постановлением Совета Министров Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. № 1090. – URL: http://www.pdd24.com/ (дата обращения: 23.03.2015).

2. *Евтюков С. А.* Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – 2-ое издание. – СПб.: Издательство «ДНК», 2005. – 288 с.

3. *Евтюков С. А.* Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Справочник / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб.: Издательство «ДНК», 2006. – 536 с.

4. *Евтюков С. А.* ДТП: Расследование, реконструкция и экспертиза / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб.: Издательство «ДНК», 2008. – 488 с.

5. *Евтюков С. А.* Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах/ С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2012. – 360 с.

6. *Евтюков С. А.* Экспертиза ДТП: методы и технологии / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев; СПбГАСУ. – СПб., 2012. – 310 с.

7. Кодекс об административных нарушениях РФ (КоАП): Федеральный закон от 30.12.2001 № 195-ФЗ: принят Государственной Думой Федерального Собрания РФ 20.12.2001. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения: 23.03.2015).

8. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства, требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки / Госстандарт России. – URL: http://www.gostehosmotr.ru/stfls/edocs/gost/02.pdf (дата обращения: 23.03.2015).

9. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ: Принят Государственной Думой Федерального Собрания РФ 15.11.1995. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/ (дата обращения: 23.03.2015).

10. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения / Госстандарт РФ. – URL: http://base.garant.ru/1352114/ (дата обращения: 23.03.2015).

11. ГОСТ 30413-96. Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием: межгосударственный стандарт / МНТКС. – URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-30413-96 (дата обращения: 23.03.2015).

12. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования / Росавтодор. – URL: http://mtsk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=14423 (дата обращения: 23.03.2015).

13. ОДМ 218.0.000-2003. Руководство по оценке уровня содержания автомобильных дорог общего пользования / Минтранс РФ. – URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/53/53153/ (дата обращения: 23.03.2015).

14. ОДМ 218.5.006-2008. Методические рекомендации по применению экологически чистых антигололедных материалов и технологий при содержании мостовых сооружений / Росавтодор. – URL: http://mtsk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=12157 (дата обращения: 23.03.2015).

15. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Минтранс РФ. – URL: http://greenevolution.ru/documents/00091/00091.pdf (дата обращения: 23.03.2015).

16. Классификация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования / Минтранс РФ. – URL: http://www.tehlit.ru/1lib_norma_doc/9/9966/ (дата обращения: 23.03.2015).

17. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанностям должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения: утверждены постановлением Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/ (дата обращения: 23.03.2015).

УДК 62-112

Борис Самуилович Доброборский, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Екатерина Евгеньевна Медрес, канд экон. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: loqus@rambler.ru, fire_21@mail.ru

Boris Samuilovich Dobroborskiy, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Ecaterine Evgenievna Medres, PhD. of Ec. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: loqus@rambler.ru, fire_21@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РУЧНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ОТБОЙНЫХ МОЛОТКОВ С ПОДВИЖНЫМ КОРПУСОМ

PERFORMANCE FEATURES OF PNEUMATIC HAND HAMMER DRILLS WITH REMOVABLE PICK CYLINDER

Основные недостатки современных ручных пневматических отбойных молотков заключаются в высоком уровне вибрации рукояток, требовании больших усилий подачи и низкой производительности. Причиной этих недостатков является динамическая схема, в соответствии с которой рукоятка молотка сопряжена с его корпусом. Исследования работы отбойных молотков с позиции неравновесной термодинамики по-

казали, что проблема может быть решена путем изменения динамической схемы их работы, при которой движения корпуса не должны зависеть от движения рукоятки, перемещаемой вдоль его оси. Авторами разработана конструкция, в которой при продольном перемещении рукоятки элементы устройства подачи сжатого воздуха перемещаются в поперечном направлении.

Ключевые слова: машина, ударное действие, пневматический, вибрации, молоток

The main disadvantages of modern pneumatic hand hammer drills are the following: high level of vibrations of handles, required high feed force and low capacity. These advantages are caused by the dynamic design according to which the drill's handle is conjugated with its pick cylinder. The studies of hammer drills' operation from the viewpoint of non-equilibrium thermodynamics showed that the problem might be solved by changing their dynamic design upon which the movements of the pick cylinder would not depend on the movements of the handle moving along its axis. The authors developed a design where air pressure supply elements are moved in a transverse direction with longitudinal motion of the handle.

Keywords: machine, hammer action, pneumatic, vibrations, hammer drill.

Пневматические отбойные молотки, по своему принципу действия, заключающемся в возвратно-поступательных движениях поршня-ударника в цилиндре под действием сжатого воздуха, ничем не отличаются от других пневматических машин ударного действия [1].

Однако если большинство других машин включаются путем нажатия соответствующего рычага или рукоятки, например перфораторы, или клавиши на рукоятке, например рубильные молотки, то отбойные молотки включаются путем нажатия на их рукоятку в продольном направлении, совмещая это действие с обеспечением усилия подачи.

Типовое устройство таких молотков показано на рис. 1.

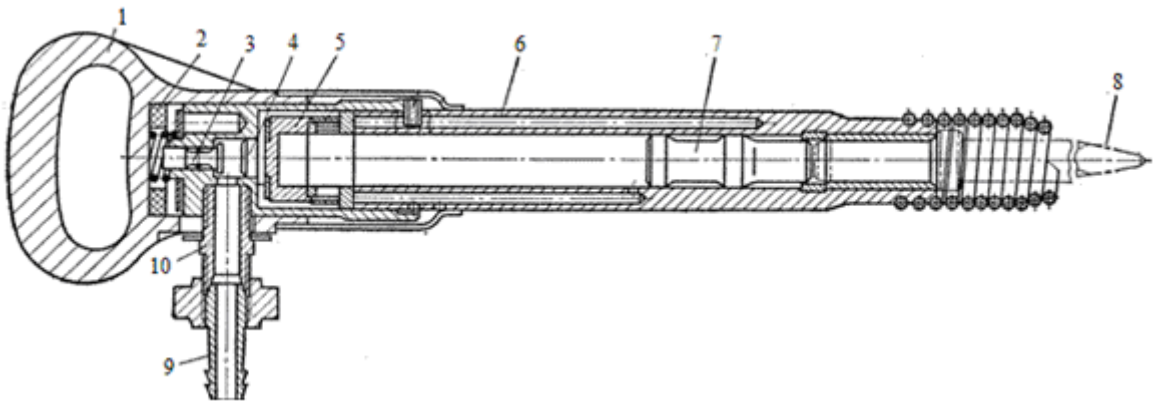


Рис. 1. Типовое устройство пневматического отбойного молотка

Как видно из рис. 1, отбойный молоток содержит: 1 – рукоятку, 2 – амортизаторы, 3 – впускной клапан, 4 – звено промежуточное, 5 – клапанную коробку, 6 – корпус с воздушными каналами, 7 – поршень-ударник, 8 – рабочий инструмент, 9 – ниппель и 10 – футорку.

При работе сжатый воздух поступает через ниппель 9 и футорку 10 через открытый впускной клапан 3 в звено промежуточное 4 в клапанную коробку 5, с помощью которой происходит распределение сжатого воздуха по воздушным каналам корпуса 6, в результате чего порщень-ударник 7 производит возвратно-поступательные движения, производя удар в конце своего рабочего хода по рабочему инструменту 8.

Впускной клапан 3 открывается путем перемещения рукоятки 1 в продольном направлении под действием силы оператора.

Поскольку рукоятка 1 сопряжена с корпусом 6 через виброгасящую пружину, вибрация корпуса, возникающая под действием реактивных сил при возвратно-поступательных движениях поршня-ударника 7, частично передается на рукоятку 1 и да-

лее на руку оператора, вредное воздействие которой может вызвать профессиональное заболевание оператора.

Такая ситуация возникла в связи с тем, что в этой конструкции не в полной мере учитываются законы неравновесной термодинамики.

Поскольку в пневматическом отбойном молотке, как и в других машинах, происходит преобразование одного вида энергии, в данном случае энергия сжатого воздуха, в механическую – возвратно-поступательные движения поршня-ударника, – то эта машина, как термодинамическая система, относится к типу активных термодинамических систем, при установившемся режиме работы всегда находящихся в устойчивом неравновесном термодинамическом состоянии. В результате непрерывного стремления к этому состоянию корпус молотка совершает возвратно-поступательные движения в противофазе движениям поршня-ударника. При этом оператор, нажимая на рукоятку молотка, сопряженную с корпусом, активно препятствует стремлению молотка к сохранению устойчивого неравновесного термодинамического состояния. В результате этого производительность молотка ниже максимальной, а вибрация рукояток значительно выше допустимых пределов [2].

Для решения этого противоречия авторами разработана новая динамическая схема пневматического отбойного молотка, в которой рукоятка сопряжена не с корпусом, а с рабочим инструментом.

На рис. 2 показано устройство пневматического отбойного молотка МОП-3Д2, выполненного по новой схеме.

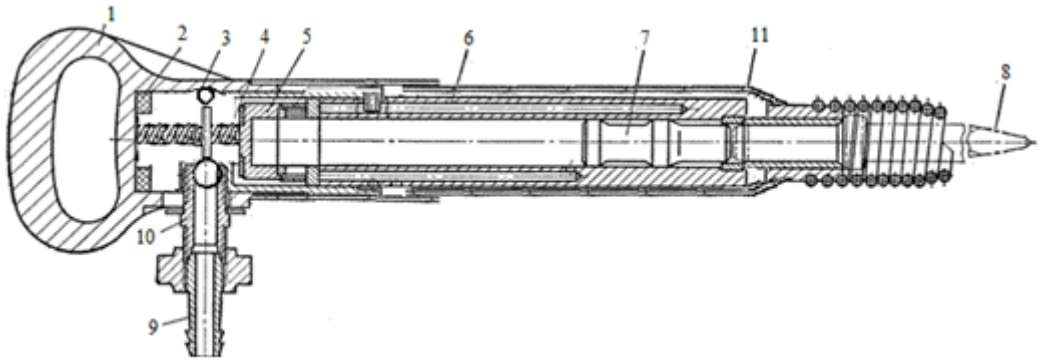


Рис. 2. Пневматический отбойный молоток МОП-3Д2

Как видно из рис. 2, в этом молотке рукоятка 1 сопряжена с рабочим инструментом 8 с помощью трубы 11, а его включение производится в результате смещения клапанного узла 3, содержащего шарики, сопряженные стержнем. При перемещении рукоятки 1 в горизонтальном направлении шарики перемещаются в вертикальном направлении, открывая подачи сжатого воздуха через футорку 10.

На рис. 3 показан процесс испытаний опытного образца отбойного молотка МОП-3Д2.

Таким образом, в разработанной конструкции отбойного молотка корпус совершает свободные возвратно-поступательные движения под действием реактивных сил. Поскольку масса корпуса многократно больше массы поршня-ударника, амплитуда этих движений незначительна, рабочий инструмент с небольшой силой прижимается к разрушаемому материалу, что обеспечивает большую производительность, причем вибрация корпуса не передается на рукоятку, что обеспечивает вибробезопасность.

Рис. 3. Испытания опытного образца пневматического отбойного молотка МОП-3Д2

При этом включение и выключение молотка производятся такими же действиями оператора, как и в серийных конструкциях.

Литература

1. *Волков С. А*. Строительные машины: учеб. для строит. вузов / С. А. Волков, С. А. Евтюков. – СПб: Изд-во «ДНК», 2008. – 704 с.

2. *Доброборский Б. С.* Исследования машины ударного действия с подвижным ударным механизмом / Б. С. Доброборский, А. А.Овчаров // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14906 (дата обращения: 24.05.2016).

УДК 343.148.63

Сергей Аркадьевич Евтюков, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Илья Сергеевич Брылев, ассистент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: tm@spbgasu.ru, ilya2104@mail.ru

Sergey Arkadievich Evtukov, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Ilya Sergeevich Brylev, Teaching Assistant
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tm@spbgasu.ru, ilya2104@mail.ru

УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП ПО ПАРАМЕТРАМ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ МОТОЦИКЛОВ

REFINED METHODOLOGY FOR RECONSTRUCTION OF TRAFFIC ACCIDENTS ACCORDING TO PARAMETERS OF MOTORCYCLE BRAKING

За последние десятилетия конструкции двухколесных механических транспортных средств значительно усовершенствованы, поэтому требуется приведение в соответствии с ними аналитического аппарата оценки параметров процесса их торможения. С другой стороны, в действующей экспертной практике анализа ДТП при проведении расчетов продолжают использоваться оценки времени нарастания замедления и установившегося замедления для мотоциклов отечественного производства прошлых лет, которые на сегодняшний день по возрасту практически не участвуют в дорожном движении. Оба этих обстоятельства требуют переработки, уточнения и формирования обновленной расчетной базы оценки процессов торможе-

ния ДМТС с целью повышения достоверности такой оценки при проведении экспертизы ДТП для задач установления соответствия либо несоответствия действий водителей требованиям правил дорожного движения (ПДД), обоснования причин возникновения аварийных ситуаций, оценки наличия либо отсутствия технической возможности у водителя ДМТС предотвратить ДТП.

Ключевые слова: автотехническая экспертиза, двухколесные транспортные средства, расчет скорости движения, замедление.

Over the past decades, the design of two wheel motor vehicles has considerably improved. Therefore, it is required to accordingly improve the analytical apparatus for assessment of their braking parameters. At the same time, current expert examination of traffic accidents still uses in its calculations the assessment of deceleration building-up time and steady state deceleration for domestically produced old motor bikes which are no longer traffic participants. These two circumstances require the reconsideration, specification and renovation of the calculation basis for the assessment of deceleration of two wheel motor vehicles in order to increase reliability of such assessment for performance of traffic accident expert examination, i. e. to check compliance or noncompliance of drivers' actions to the requirements of traffic rules (TR), justify causes of traffic accidents, and assess whether the driver had a technical ability to prevent the traffic accident.

Keywords: automobile technical expert examination, two wheel motor vehicle, calculation of movement speed, deceleration.

Почти во всех странах мира в дорожном движении наблюдается рост числа двухколесных механических транспортных средств (ДМТС, мотоциклов, ТС категории L_3). В связи с этим возросло число жертв и тяжело раненных в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Установление фактических причин, приведших к аварии, и обстоятельств им способствующих, является одной из важных задач обеспечения безопасности движения.

За последние десятилетия, с одной стороны, конструкции двухколесных механических транспортных средств значительно усовершенствованы, поэтому требуется приведение в соответствии с ними аналитического аппарата оценки параметров процесса их торможения. С другой стороны, в действующей экспертной практике анализа ДТП при проведении расчетов продолжают использоваться оценки времени нарастания замедления и установившегося замедления для мотоциклов отечественного производства прошлых лет, которые на сегодняшний день по возрасту практически не участвуют в дорожном движении. Оба этих обстоятельства требуют переработки, уточнения и формирования обновленной расчетной базы оценки процессов торможения ДМТС с целью повышения достоверности такой оценки при проведении экспертизы ДТП – для задач установления соответствия либо несоответствия действий водителей требованиям правил дорожного движения (ПДД), обоснования причин возникновения аварийных ситуаций, оценки наличия либо отсутствия технической возможности у водителя ДМТС предотвратить ДТП. [2; 4–6].

В ходе проведения экспериментов на торможение ДМТС, а так же анализируя результаты экспериментов, авторами установлено, что в большей степени на величину времени нарастания замедления и установившегося замедления оказывают влияние следующие факторы, такие как: наличие/отсутствие АБС, тип торможения (ручным, ножным приводом, либо одновременное воздействие на каждый из них), степень нагрузки ДМТС, состояние дорожного покрытия, тип тормозной системы.

С использованием программного обеспечения деселерометра модели LWS-2MC, наиболее наглядная диаграмма процесса торможения мотоцикла марки Yamaha XVS 1100 Drag Star Classic на сухом асфальте с коэффициентом сцепления около 0,8 при комбинированном торможении и снаряженной массе отражена на рис. 1.

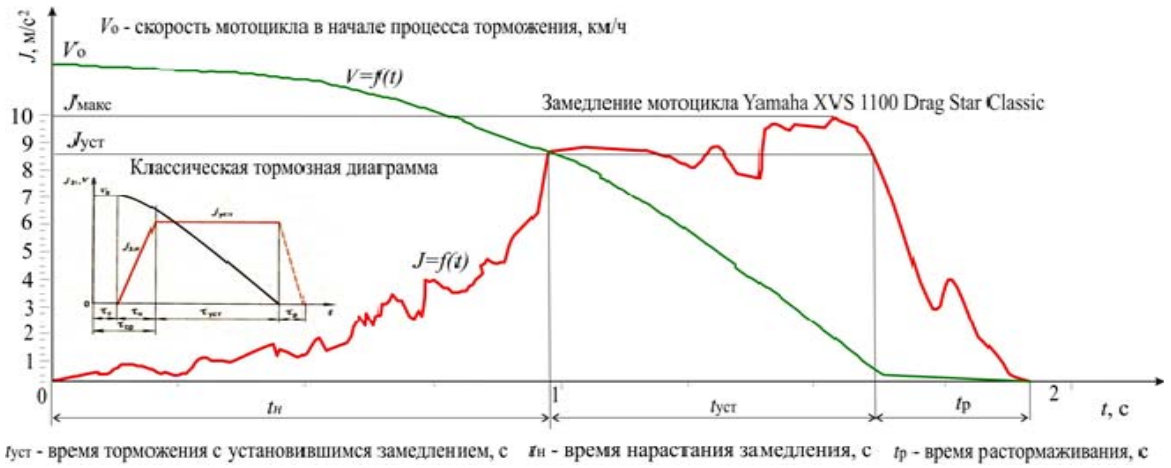


Рис. 1. Тормозная диаграмма мотоцикла марки Yamaha XVS 1100 Drag Star Classic при комбинированном режиме торможения и снаряженной массе, φ≈0,8

При анализе значений установившегося замедления ТС категории L_3, времени его нарастания, являющихся основными характеристиками торможения мотоциклов, и от значения которых зависит итог реконструкции механизма ДТП (т.е. расчетная оценка наличия либо отсутствия у водителя мотоцикла технической возможности предотвратить дорожно-транспортное происшествие), можно отметить, что экспертные организации располагают информацией о значениях замедления мотоциклов, полученных ВНИИСЭ СССР более 35 лет назад [1; 2–6; 8; 9].

На значение установившегося замедления (j) и на время нарастания замедления до установившегося (t_3) влияет множество факторов, таких как техническое состояние ДМТС (исправность тормозной системы, состояние шин, наличие АБС либо вспомогательных систем торможения и т.д.), состояние дорожного покрытия (наличие колейностей, неровностей, температура и вид дорожного полотна и т. д.).

Проведенный анализ недостатков действующей методики расчетной оценки таких основных параметров процесса торможения как: остановочный путь ДМТС (S_o), скорость движения перед торможением (V_a), удаление ДМТС от места столкновения (S_y), остановочное время (T_o), допустимая скорость движения по условию видимости ($V_{дв}$), традиционно применяемых при реконструкции ДТП позволил установить, что при выборе нормативных значений установившегося замедления и времени его нарастания не учитывается тип тормозной системы ДМТС, промежуточная степень нагрузки мотоцикла, наличие АБС, влияющих на формирование значений параметров процесса торможения [3–6].

Результаты сравнительной оценки соответствия требованиям дня значений установившегося замедления и времени его нарастания, одобренных и рекомендованных Научно-методическим советом по судебной автотехнической экспертизе при ВНИИСЭ МЮ СССР и введенных в действие с 01.01.1991, а так же установленных ГОСТ 41.78-2001 – и значений, полученных в экспериментальных исследованиях установлено, что величина времени нарастания замедления и установившегося замедления ДМТС значительно занижена. Это связано с тем, что применяемые нормативные значения были установлены без учета значительных изменений конструкции ДМТС, их надежности и других функциональных свойств. В российской экспертной практике эти новые качества конструкций ДМТС не нашли своего отражения в расчетных зависимостях, рекомендуемых к применению при расследовании и реконструкции механизма ДТП при определении остановочного пути, удаления ДМТС от места столкновения, расчета скорости движения в момент начала торможения, остановочного времени, допустимой скорости движения по условию видимости [2; 3; 5].

В ходе проведения экспериментальных исследований, проведена оценка влияния указанных выше факторов на формирование значения установившегося замедления (j)

и времени его нарастания до установившегося значения замедления (t_3), обоснована необходимость учета в расчетных зависимостях наличия либо отсутствия АБС, типа тормозной системы, переменной степени нагрузки ДМТС, режима торможения, в зависимости от состояния дорожного покрытия на момент возникновения ДТП. В этой связи, при выборе значения установившегося замедления и времени его нарастания показана целесообразность введения экспериментальных коэффициентов K_j и K_i, корректирующих величину установившегося замедления и времени его нарастания с учетом режима торможения, типа тормозной системы ДМТС, состояния и типа дорожного покрытия, наличия АБС и переменной степени нагрузки ДМТС. Расчетные зависимости для вычисления параметров процессов торможения при реконструкции механизма ДТП, с учетом указанных факторов примут вид [2–7]:

- остановочный путь ДМТС, м:

$$S_{\text{о}} = (t_1 + t_2 + 0{,}5 \cdot t_3 \cdot K_i)\frac{V_{\text{а}}}{3{,}6} + \frac{V_{\text{а}}^2}{26{,}0 \cdot j \cdot K_j}\ ; \qquad (1)$$

- скорость ДМТС в начале торможения при наличии зафиксированных следов торможения, км/ч:

$$V_{\text{а}} = 1{,}8 \cdot t_3 \cdot K_i \cdot j \cdot K_j + 3{,}6 \cdot \sqrt{2{,}0 \cdot j \cdot K_j \cdot S_{\text{ю}}}\ ; \qquad (2)$$

- удаление ДМТС от места столкновения, м:

$$S_{\text{у}} = \left(t_1 + t_2 + 0{,}5 \cdot t_3 \cdot K_i\right) \cdot \frac{V_{\text{а}}}{3{,}6} + S_t\ ; \qquad (3)$$

- остановочное время ДМТС, с:

$$T_{\text{о}} = (t_1 + t_2 + 0{,}5 \cdot t_3 \cdot K_i) + \frac{V_{\text{а}}}{3{,}6 \cdot j \cdot K_j}\ ; \qquad (4)$$

- допустимая скорость движения ДМТС по условиям видимости, км/ч:

$$V_{\text{дв}} = 3{,}6 \cdot \sqrt{(j \cdot K_j \cdot (t_1 + t_2 + 0{,}5 \cdot t_3 \cdot K_i))^2 + 2 \cdot j \cdot K_j \cdot S_{\text{в}}} - 3{,}6 \cdot j \cdot K_j \cdot (t_1 + t_2 + 0{,}5 \cdot t_3 \cdot K_i)\ , \qquad (5)$$

где K_j – коэффициент, корректирующий величину замедления ДМТС; K_i – коэффициент, корректирующий величину времени нарастания замедления ДМТС до установившегося; t_1 – время реакции водителя, с; t_2 – время срабатывания тормозного привода, с; t_3 – время нарастания замедления до установившегося, с; j – установившееся замедление м/с^2; $S_{\text{Т}}$ – тормозной след ДМТС от его начала до места столкновения, м; $V_{\text{а}}$ – скорость движения в момент принятия решения о торможении; $S_{\text{ю}}$ – следы торможения, м; $S_{\text{в}}$ – видимость с места водителя.

Анализируя результаты экспериментальных исследований установившегося замедления (j) и времени его нарастания (t_3) установлено, что их фактическая величина у большинства современных ДМТС значительно выше нормативных значений, рекомендуемых к использованию при проведении автотехнических исследований. При расчете технической возможности у водителя ДМТС предотвратить ДТП, целесообразно использовать не нормативную величину установившегося замедления и времени его нарастания, а величину, фактически установленную в ходе экспериментальных исследований.

Из экспертной практики известно, что в большинстве случаев не представляется возможным определить фактическое значение установившегося замедления и время его

нарастания ($y_{фj}$) и ($y_{фi}$) на момент ДТП. В таких случаях, в рамках решения краевой задачи, рекомендуется нормативные, справочные значения замедления ($y_{нj}$) и время его нарастания ($y_{нi}$) сравнивать с рекомендуемыми ($y_{рj}$) и ($y_{рi}$). Если ($y_н$) ≥ ($y_р$), то измеряемый параметр не может повлиять на величину установившегося замедления либо время нарастания замедления, а если ($y_н$)<($y_р$), то измеряемый параметр оказывает влияние на величину установившегося замедления, либо на время его нарастания [2; 5].

При наличии возможности определения фактического значения установившегося замедления ТС категории L_3 и времени его нарастания непосредственного после ДТП, коэффициент $K_{i,j}$ вычисляется по зависимости:

$$K_{i,j} = \frac{y_{ф_{i,j}}}{y_{н_{i,j}}} \ . \tag{6}$$

В случае отсутствия возможности определения фактического значения установившегося замедления ТС категории L_3 и времени его нарастания непосредственного после ДТП, коэффициент $K_{i,j}$ вычисляется по зависимости:

$$K_{i,j} = \frac{y_{р_{i,j}}}{y_{н_{i,j}}} \ . \tag{7}$$

Алгоритм определения корректирующих коэффициентов K_i, K_j представлен на рис. 2.

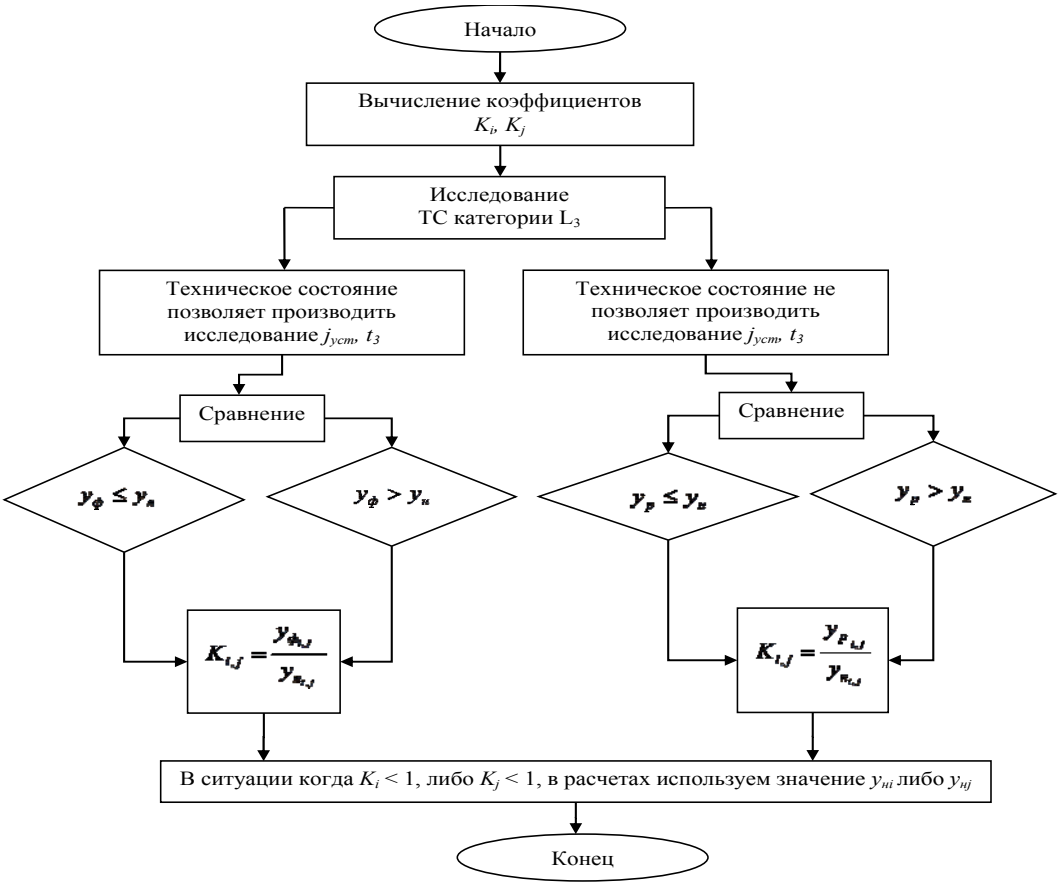


Рис. 2. Алгоритм определения коэффициентов K_j и K_i, корректирующих установившееся замедление и время его нарастания

Из экспертной практики известно, что в большинстве случаев не представляется возможным определить фактическое значение установившегося замедления и время его нарастания (y_{facj}) и (y_{faci}) на момент ДТП. В таких случаях, в рамках решения краевой задачи, рекомендуется нормативные, справочные значения замедления (y_{norj}) и время его

нарастания (y_{nori}) сравнивать с рекомендуемыми (y_{recj}) и (y_{reci}) (полученными в ходе проведения экспериментов). Если (y_{nor}) ≥ (y_{rec}), то измеряемый параметр не может повлиять на величину установившегося замедления либо время нарастания замедления, а если (y_{nor}) < (y_{rec}), то измеряемый параметр оказывает влияние на величину установившегося замедления, либо на время его нарастания.

В случае наличия возможности установления фактического значения установившегося замедления ТС категории L_3 и времени его нарастания непосредственного после ДТП, коэффициент $K_{i,j}$ вычисляется по зависимости:

$$K_{i,j} = \frac{y_{fac\,i,j}}{y_{nor_{i,j}}} \tag{6}$$

В случае отсутствия возможности установления фактического значения установившегося замедления ТС категории L_3 и времени его нарастания непосредственного после ДТП, коэффициент $K_{i,j}$ вычисляется по зависимости:

$$K_{i,j} = \frac{y_{rec\,i,j}}{y_{nor_{i,j}}} \tag{7}$$

Алгоритм определения корректирующих коэффициентов K_i, K_j представлен на рис. 2.

Экспериментально определенные фактические значения установившего замедления исследуемых ДМТС на дорожном покрытии с различными коэффициентами сцепления позволили установить факт их превышения по сравнению со справочными значениями в среднем на 20–25 %; фактические значения времени нарастания замедления до установившегося значения выше имеющихся справочных значений в среднем в 2–3 раза.

Корректировка нормативных (осредненных) значений установившегося замедления и времени его нарастания, позволила уточнить методику реконструкции ДТП в зависимости от типа тормозной системы ДМТС, величины массы ДМТС, типа и состояния дорожного покрытия, наличия АБС и режима торможения.

Литература

1. *Арабули Ю. Г.* Использование в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения мототранспортных средств: метод. Рекомендации / Ю. Г. Арабули. – М.: ВНИИСЭ, 1990. – С. 142–145.

2. *Брылев И. С.* Экспериментальные исследования параметров замедления транспортных средств категории L_3 / И. С. Брылев // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 2(49). – С. 131–137.

3. *Брылев И. С.* Экспериментальные исследования параметров установившегося замедления и тормозного пути транспортных средств категории L_3 / И. С. Брылев // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. № 4. – С. 125–130.

4. *Брылев И. С.* Оценка погрешности расчетов скорости движения мотоциклов на стадии сближения / И. С. Брылев // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 6(47). – С. 178–182.

5. *Евтюков С. А.* Алгоритм корректировки нормативных значений времени нарастания замедления, установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств / С. А. Евтюков, И. С. Брылев // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – № 3(50). – С. 3–12.

6. *Евтюков С. А.* Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств / С. А. Евтюков, И. С. Брылев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – URL: www.science-education.ru/113-10750

7. *Евтюков С.А., Васильев Я.В.* Экспертиза ДТП: методы и технологии / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев; СПбГАСУ. – СПб., 2012. – С. 30–32.

8. *Криницын А. А.* Применение нормативных значений параметров торможения мототранспортных средств в экспертной практике: метод. рекомендации / А. А. Криницын. – М.: ВНИИСЭ, 1987. – С. 149–152.

9. *Пучкин В. А.* Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: Базы данных. Экспертная техника. Методы решений / В. А. Пучкин. – Ростов н/Д: ИПО ЮФУ, 2010. – С. 181–192.

УДК 69.002.51:621.225.2

Дмитрий Юрьевич Кобзов, д-р техн. наук, профессор
(Братский государственный университет)
Владимир Георгиевич Губанов, генеральный директор
(НТК «Гидротранс»)
E-mail: kobzov7159@mail.ru, info@hydrotrans.ru

Dmitriy Yur'evich Kobzov, Dr of Tech. Sci., Professor
(Bratsk State University)
Vladimir Georgievich Gubanov, General Director
(S&TC *HydroTrans*)
E-mail: kobzov7159@mail.ru, info@hydrotrans.ru

О РАЗГРУЗКЕ ГИДРОЦИЛИНДРА ПОВЫШЕННОГО ТИПОРАЗМЕРА

ON UNLOADING OF THE HYDRAULIC CYLINDER OF INCREASED STANDARD SYZE

В процессе функционирования расположенный под углом в пространстве гидроцилиндр возвратно-поступательного движения с односторонним штоком нагружается продольной и поперечной нагрузкой, вследствие чего он деформируется в вертикальной продольной плоскости с образованием у него полного прогиба, являющегося плечом приложения продольного сжимающего усилия. Такое эксплуатационное расположение силового гидроцилиндра под нагрузкой приводит к росту реакций в его подвижных герметизируемых сопряжениях «шток – направляющая втулка» и «поршень – гильза», что значительно ухудшает условия работы элементов этих сопряжений, повышает в них температуру и способствует увеличению интенсивности изнашивания. В результате этого не исключена вероятность искривления штока и последующего его заклинивания в корпусе гидроцилиндра. Названные недостатки традиционной конструкции гидроцилиндра могут быть устранены посредством приведения гидроцилиндра из состояния продольно-поперечного изгиба в состояние устойчивости или близкое к таковому через поддержку корпуса гидроцилиндра снизу или сверху, в зависимости от конструкции машины, сенсорной промежуточной опорой.

Ключевые слова: гидроцилиндр, деформация, надежность, напряжения, поддержка.

While in operation, an inclined single-rod hydraulic cylinder of reciprocal movement faces longitudinal and lateral load due to which it is deformed vertically and forms a longitudinal dent, which serves as an arm of longitudinal compression force. Such operational location of the hydraulic power cylinder under load leads to increased reactions in its movable pressurized linking "rod–guide bush" and "piston–sleeve", which considerably worsen operating conditions of linking elements, increase their temperature and promote increase of wear intensity. As a result, the rod can become distorted and, therefore, get locked in the housing of the cylinder. The mentioned disadvantages of the traditional design of the hydraulic cylinder may be eliminated by turning the cylinder from the state of transverse-longitudinal bending to the state of stability or a close state through upper and bottom support to its housing, depending on the construction of the machine, by means of a sensor intermediate bearer.

Keywords: hydraulic cylinder, deformation, reliability, stresses, support.

К характеристикам работоспособности гидроцилиндров дорожных и строительных машин, главным образом, влияющим на их герметизирующую и несущую способности [1–9], относятся: напряжения $\sigma_{сж}$, возникающие в (опасном) сечении наиболее нагруженного несущего элемента гидроцилиндра – его штока, полный прогиб y_T гидроцилиндра в этом сечении (рис. 1), а также реакции R_1 и R_2 (рис. 2), действующие в подвижных уплотняемых сопряжениях «шток – направляющая втулка» и «поршень – гильза» гидроцилиндра.

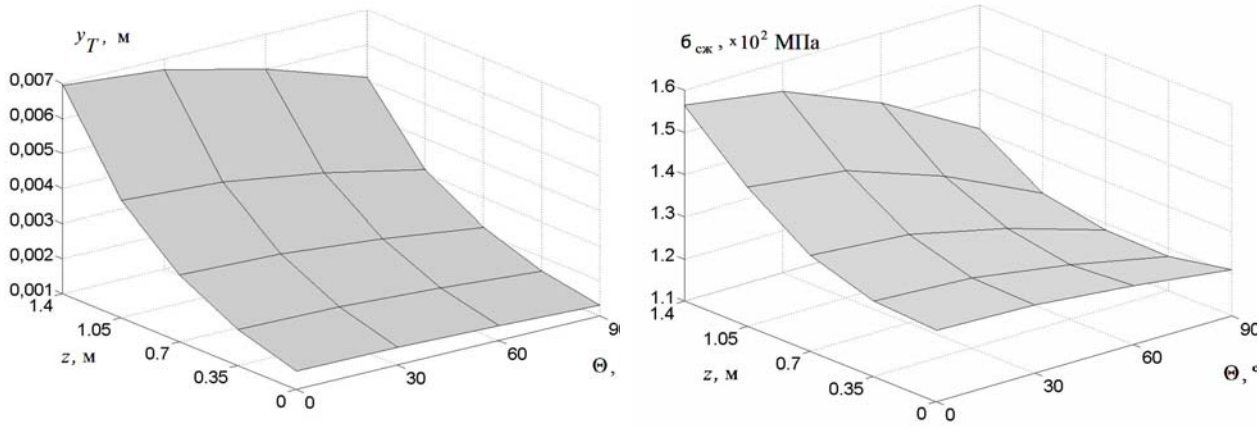


Рис. 1. Полный прогиб y_T и напряжения сжатия $\sigma_{СЖ}$ в опасном сечении штока гидроцилиндра традиционного исполнения

Приведение гидроцилиндра из состояния продольно-поперечного изгиба в состояние устойчивости или близком к таковому через поддержку корпуса (гильзы) гидроцилиндра промежуточной сенсорной поддерживающей опорой по схеме, представленной на рис. 3 [10; 11], предполагает несколько основных возможных вариантов поддержки в зависимости от величины поддерживающего усилия при реализации следующих условий, а именно: отсутствие реакции в подвижном уплотняемом сопряжении «шток – направляющая втулка», то есть $R_1 = 0$ (рис. 4); отсутствие реакции в подвижном уплотняемом сопряжении «поршень – гильза», то есть $R_2 = 0$ (рис. 5) и отсутствие полного прогиба гидроцилиндра в точке соединения корпуса гидроцилиндра с поддерживающей опорой, то есть $y_T = 0$ (рис. 6), что практически сопровождается отсутствием полного прогиба штока гидроцилиндра [1; 6; 7].

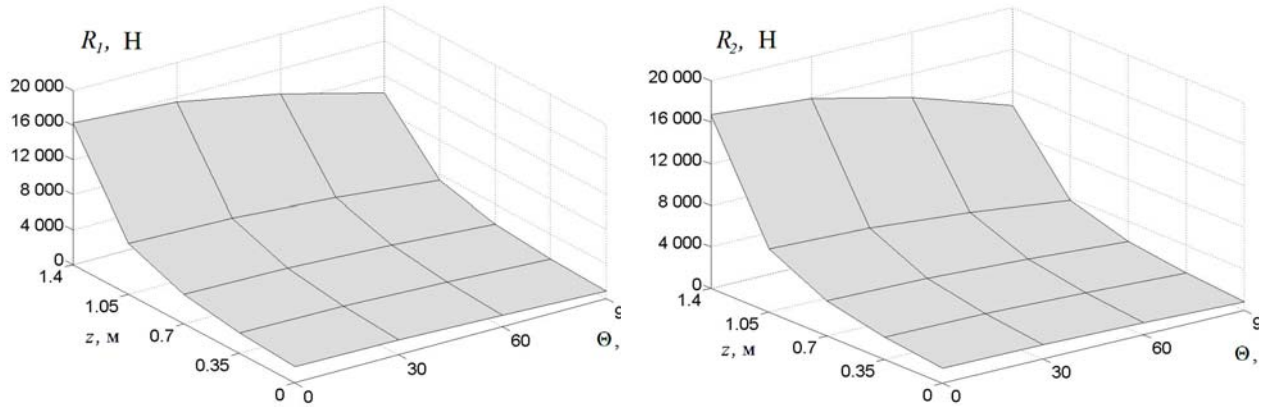


Рис. 2. Реакции R_1 и R_2 в подвижных герметизируемых сопряжениях «шток – направляющая втулка» и «поршень – гильза» гидроцилиндра традиционного исполнения

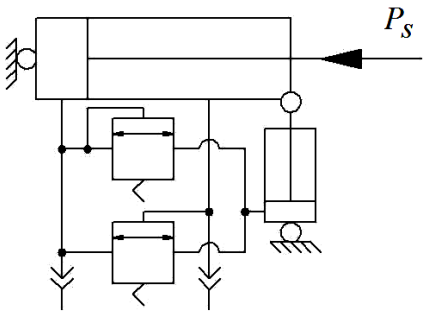


Рис. 3. Принципиальная схема сенсорной поддержки гидроцилиндра (снизу) по А. с. СССР № 1386758 и № 1735620, по Патентам РФ № 2046893 и № 2050479

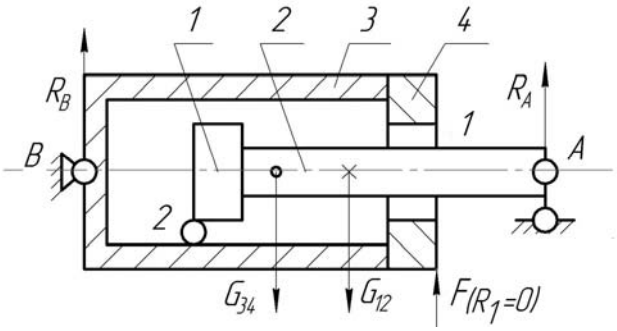


Рис. 4. Принципиальная схема поддержки гидроцилиндра усилием $F_{(R_1=0)}$

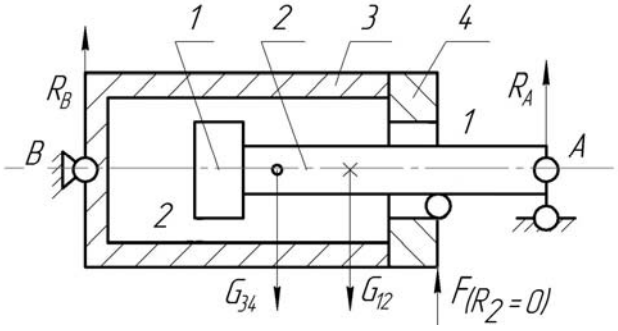


Рис. 5. Принципиальная схема поддержки гидроцилиндра усилием $F_{(R_2=0)}$

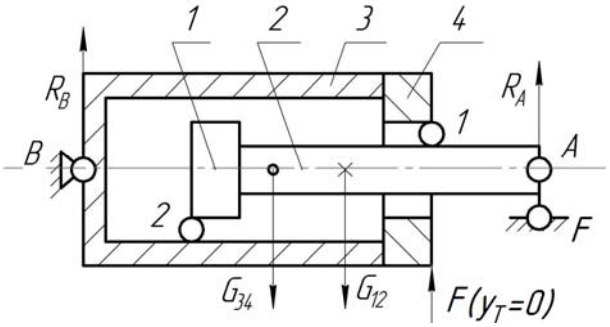


Рис. 6. Принципиальная схема поддержки гидроцилиндра усилием $F_{(y_T=0)}$

Для сравнительного анализа характеристик гидроцилиндров традиционного и перспективного исполнений с различными вариантами сенсорной промежуточной опоры (см. рис. 4–6), во внимание принимаются значения реакций R_1 и R_2, а также величина полного прогиба y_T в точке соединения корпуса гидроцилиндра с промежуточной сенсорной поддерживающей опорой, в качестве которой используется вспомогательный гидроцилиндр одностороннего действия с односторонним штоком [10; 11].

Совместный анализ схем (см. рис. 4–6) и зависимостей (рис. 7) показывает, что наиболее предпочтительным вариантом поддержки гидроцилиндра является условие, при котором реакция $R_1 = 0$, а усилие поддержки $F = min$.

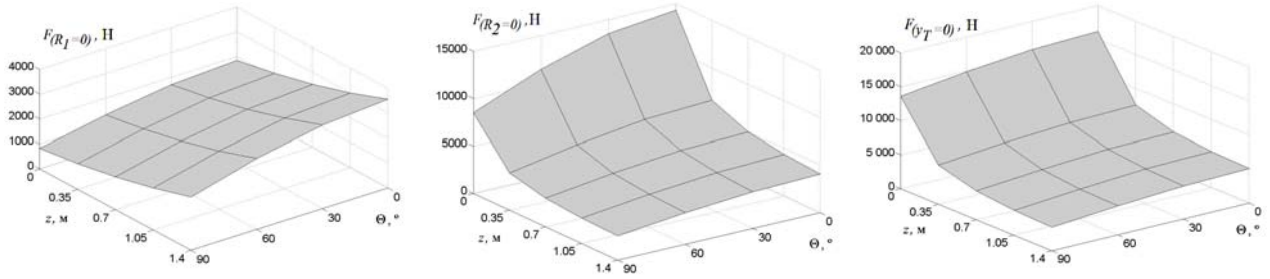


Рис. 7. Усилия поддержки F, реализуемые промежуточной сенсорной поддерживающей опорой соответственно для условий $R_1 = 0$, $R_2 = 0$ и $y_T = 0$

Кроме этого, как следует из анализа зависимостей, представленных на рис. 8–10, этот вариант поддержки характеризуется минимальной величиной реакции R_2 в сопряжении «поршень – гильза».

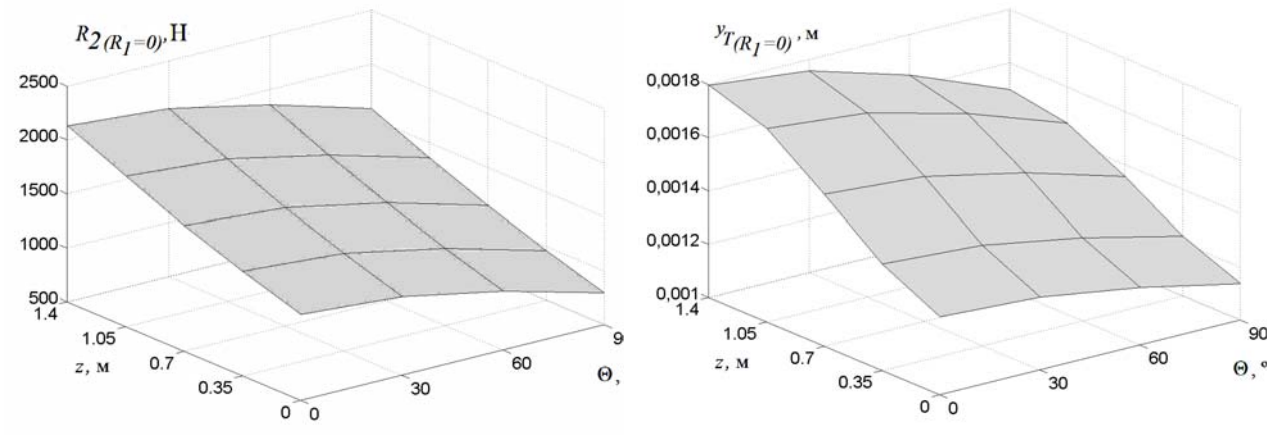


Рис. 8. Реакция R_2 и прогиб y_T при условии поддержки $R_1 = 0$

Причем, судя по направлению реакций (см. рис. 9 и 10), при поддержке гидроцилиндра по двум последним вариантам, меняются точки контакта длинномерных несущих элементов гидроцилиндра на противоположные, согласно иллюстрациям рис. 2.

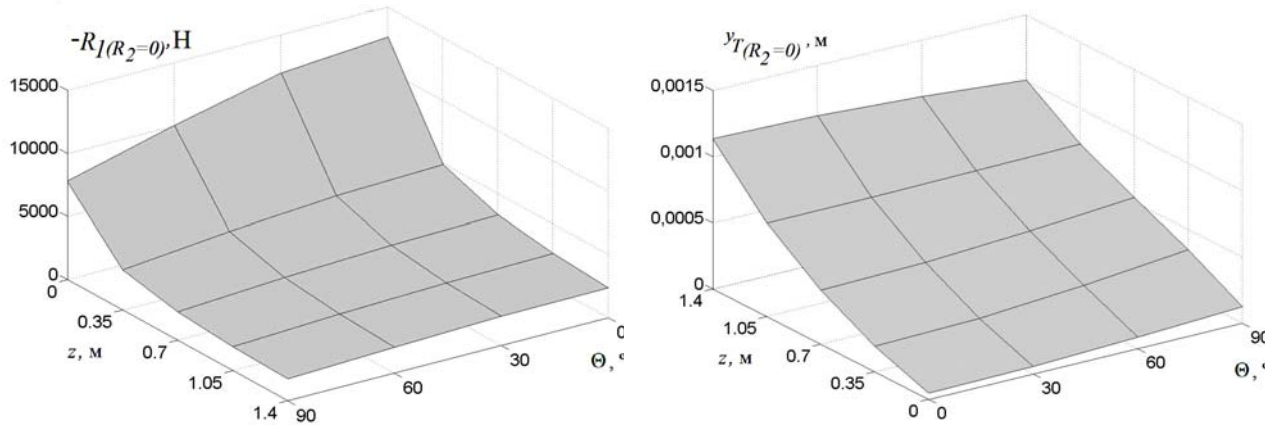


Рис. 9. Реакция R_1 и прогиб y_T при условии поддержки $R_2 = 0$

Касательно величины полного прогиба y_T точки соединения гидроцилиндра и поддерживающей опоры надо отметить, что второй вариант поддержки, по отношению к первому, является несколько предпочтительней (см. рис. 9 и 10).

Но, что примечательно, оба значения много меньше полного прогиба гидроцилиндра традиционного конструктивного исполнения.

Исследования показывают, что наиболее предпочтительным вариантом поддержки гидроцилиндра следует считать схему с промежуточной сенсорной поддерживающей опорой, реализующей усилие поддержки $F_{(R_1=0)}$, что дополнительно разгружает наименее надежное сопряжение гидроцилиндра «шток – направляющая втулка», граничащее с окружающей средой, насыщенной абразивной пылью.

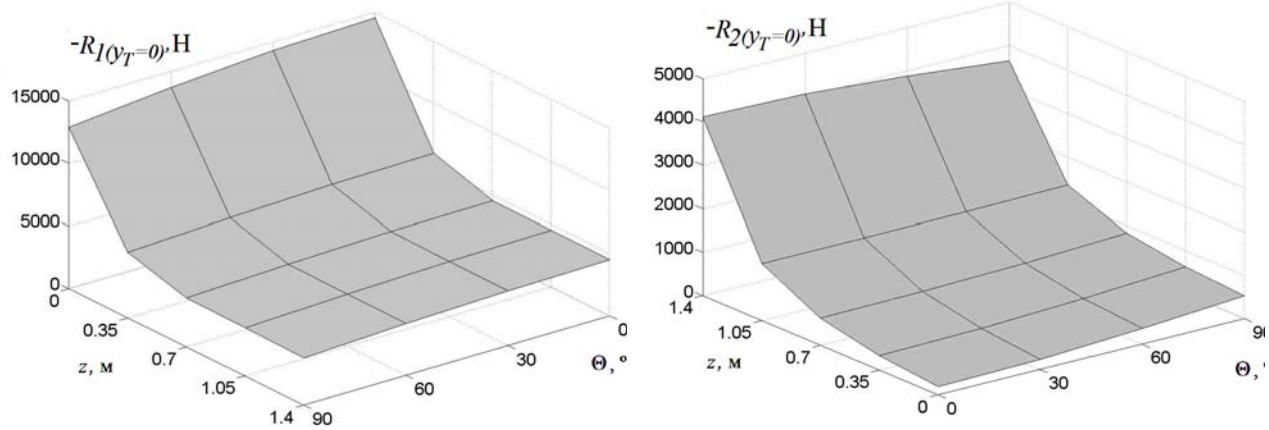


Рис. 10. Реакция R_1 и R_2 при условии поддержки y_T=0

Снижение действующих в подвижных уплотняемых сопряжениях «шток – направляющая втулка» и «поршень – гильза» реакций R_1 до нуля и R_2 более, чем в семь раз в соответствии с основным уравнением изнашивания способствует значительному снижению интенсивности изнашивания образующих их элементов при адекватности показателя степени $\alpha = 1 + \beta t$, что повышает долговечность гидроцилиндра.

При создании промежуточной сенсорной поддерживающей опоры необходимо учитывать нелинейный характер поддерживающего усилия F.

Конструктивные параметры вспомогательного гидроцилиндра промежуточной сенсорной поддерживающей опоры следует принимать для конкретной гидрофицированной ДСМ с учетом ее рабочего процесса и режима нагружения. Так, например, рабочий процесс гидроцилиндра рукояти одноковшового экскаватора IV размерной группы с рабочим оборудованием обратная лопата ограничивается характеристиками z и Θ соответственно 0,0 м … 0,8 м на 17° … 18,5°, что значительно упрощает конструкцию опоры.

Все выше изложенное свидетельствует об актуальности исследовательских работ в этом направлении, результаты которых способствуют повышению эффективности гидрофицированных ДСМ в целом.

Литература

1. Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 3. Несущая способность / Д. Ю. Кобзов, В. Л. Лапшин, В. А. Тарасов, В. В. Жмуров; Братск. гос. ун-т. – Братск, 2011. – 88 с.

2. *Кобзов Д. Ю.* О надежности и работоспособности гидроцилиндров повышенного типоразмера / Д. Ю. Кобзов // Вестник Таджикского технического университета. – 2012. – № 4(20). – С. 30–39.

3. *Кобзов Д. Ю.* Dialectical approach to the insight into engineering objects evolution / Д. Ю. Кобзов, Д. Лханаг, Д. Дэлэг // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Научный журнал ИрГУПС. – 2008. – № 1(17). – С. 93–99.

4. *Кобзов Д. Ю.* Hydrocylinder diagnostic parameters / Д. Ю. Кобзов, С. В. Кобзова, Д. Лханаг // Системы. Методы. Технологии. Научный журнал БрГУ. – 2009. – № 3. – С. 21–25.

5. *Сергеев А. П.* Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 4. Герметизирующая способность / А. П. Сергеев, Д. Ю. Кобзов, Д. Лханаг; Братск. гос. техн. ун-т. – Братск, 2003. – 44 с.

6. *Кобзов Д. Ю.* Научные основы повышения надёжности и обеспечения работоспособности гидроцилиндров повышенного типоразмера дорожных и строительных машин: автореф. дисс. … д-ра техн. наук: 05.02.02 / Д. Ю. Кобзов; ТГАСУ. – Томск, 2013. – 43 с.

7. *Кобзов Д. Ю.* Научные основы повышения надёжности и обеспечения работоспособности гидроцилиндров повышенного типоразмера дорожных и строительных машин: дисс. … д-ра техн. наук: 05.02.02 / Д. Ю. Кобзов; ТГАСУ. – Томск, 2013. – 567 с.

8. Учет искривления длинномерных элементов гидроцилиндра при оценке его полной деформации / Д. Ю. Кобзов, В. В. Жмуров, И. О. Кобзова, А. Ю. Кулаков // Системы. Методы. Технологии. Научный журнал БрГУ. – 2012. – № 2(14). – С. 27–39.

9. *Кобзов Д. Ю.* Гидроцилиндры дорожных и строительных машин. Часть 6. Работоспособность. Надежность. Варианты модернизации / Д. Ю. Кобзов, С. П. Ереско, В. В. Жмуров; Братск. гос. ун-т. – Братск, 2012. – 43 с.

10. О промежуточной сенсорной опоре гидроцилиндра повышенного типоразмера / Д. Ю. Кобзов, С. А. Черезов, В. В. Жмуров, И. О. Кобзова // Системы. Методы. Технологии. Научный журнал БрГУ. – 2009. – № 4. – С. 46–53.

11. *Корякина Д. С.* Модернизация гидросистемы с длинноходовыми гидроцилиндрами / Д. С. Корякина, С. А. Черезов // Актуальные вопросы образования и науки. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Часть 10. – Тамбов, 2014. – С. 104–108.

УДК 69.002.51:621.225.2

Инна Олеговна Кобзова, ассистент
(Братский государственный университет)
E-mail: kobzovaIO@mail.ru

Inna Olegovna Kobzova, Teaching Assistant
(Bratsk State University)
E-mail: kobzovaIO@mail.ru

О НАПРАВЛЯЮЩИХ КАЧЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРА

ON LINEAR BEARINGS OF THE HYDRAULIC CYLINDER

Увеличение типоразмера гидроцилиндра, сопровождающееся повышением уровня рабочего давления в гидросистеме машины и ростом геометрических размеров его штока, поршня, корпуса, неизменно приводит к значительному росту нагрузок на его основные элементы, снижает надежность гидроцилиндра. Последнее, главным образом, обусловлено увеличением напряжений в элементах гидроцилиндра и резким возрастанием реакций в подвижных сопряжениях «поршень – гильза» и «шток – направляющая втулка». Это, в свою очередь, приводит к повышению интенсивности изнашивания трущихся элементов гидроцилиндра, увеличению интенсивности их изнашивания и росту зазоров в подвижных герметизируемых сопряжениях. В условиях наличия значительного количества абразива в рабочей среде эксплуатации дорожных и строительных машин проявление этих явлений интенсифицируется.

Ключевые слова: абразив, гидроцилиндр, контакт, надежность, повреждение, направляющие.

Increase of the standard size of a hydraulic cylinder, accompanied by the increase of operating pressure level in the hydraulic system of the machine and growth of the dimensions of its rod, piston and housing, inevitably leads to the considerable increase of loads on its main elements, and reduces reliability of the hydraulic cylinder. The latter is mainly caused by the increase of loads in the elements of the hydraulic cylinder and abrupt increase of reactions in movable linkings “piston–sleeve” and “rod–guide bush”. This, in turn, intensifies the wear of rubbing elements of the hydraulic cylinder, and growth of gaps between movable pressurized linkings. Under conditions of sufficient amount of abrasive material in the operating environment of road and construction machines, the appearance of such events becomes frequent.

Keywords: abrasive material, hydraulic cylinder, interface, reliability, damage, guides.

К повреждениям гидроцилиндра, вызванным наличием абразива, относятся риски, царапины, задиры на движущихся уплотняемых поверхностях, царапины и задиры на поверхностях поршня и направляющей втулки. Это, главным образом, сказывается на герметизирующей способности гидроцилиндра и его надежности в целом. Использование пылезащитных манжет в качестве средств для предотвращения попадания абразива в гидроцилиндр значительного ожидаемого эффекта не дает. Названные недостатки могут быть устранены путем замены направляющих скольжения на направляющие качения.

Известны технические решения [1–4], в которых в качестве тел качения рекомендуется использовать шарики (рис. 1), которые предлагается устанавливать в кольцевые канавки поршня и втулки гидроцилиндра. При этом кольцевой зазор в подвижных сопряжениях «поршень – гильза» и «шток – направляющая втулка» должен минимально превышать возможные размеры абразивных частиц, поступающих в зону трения, что позволит твердым частицам свободно проходить через сопряжения, не вызывая микрорезания и микродеформирования герметизируемых поверхностей.

Рис. 1. Поршень и направляющая втулка с шариками

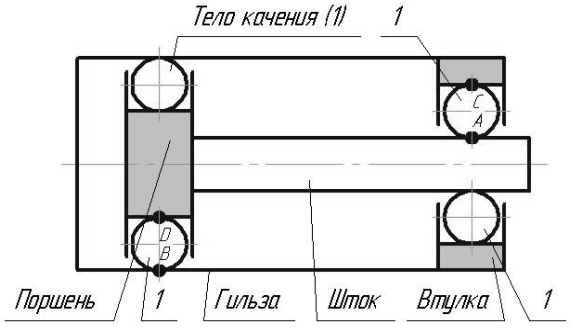


Рис. 2. Расположение тел качения в сопряжениях гидроцилиндра

К основным характеристикам геометрии контактирующих поверхностей сопряжения относятся [1] (рис. 2) радиусы тела качения в плоскости I – $R_{0\text{-I}}$ и $R_{0\text{-II}}$ в плоскости II, а также радиусы тела, по которому осуществляется перекатывание (поршень – 1, шток – 2, гильза – 3 и направляющая втулка – 4) в плоскости I – $R_{1,2,3,4\text{-I}}$ и $R_{1,2,3,4\text{-II}}$ в плоскости II. Тогда радиусы кривизны этих тел соответственно равны:

$$\rho_{0-\text{I}} = \frac{1}{R_{0-\text{I}}};\ \rho_{0-\text{II}} = \frac{1}{R_{0-\text{II}}};\ \rho_{2-\text{I}} = \frac{1}{R_{1,2,3,4-\text{I}}};\ \rho_{2-\text{II}} = \frac{1}{R_{1,2,3,4-\text{II}}}, \quad (1)$$

а сумма кривизн в точке касания соприкасающихся элементов сопряжения произвольной формы равна:

$$\sum \rho = \rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1,2,3,4,-\mathrm{I}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{II}}. \quad (2)$$

При этом полагается, что радиус кривизны имеет знак «+» для выпуклой поверхности и знак «−» для вогнутой [1; 5; 6].

Кроме названных радиусов контактное взаимодействие характеризуется [7] геометрическими параметрами A и B кривизн, зависящими от главных кривизн каждой из соприкасающихся деталей и описываемые выражениями [1]:

- при $\left(\rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{I}}\right) \le \left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{II}}\right)$:

$$A = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{I}}\right) \text{ и } B = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{II}}\right); \quad (3)$$

- при $\left(\rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{I}}\right) > \left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{II}}\right)$:

$$A = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{II}}\right) \text{ и } B = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{1,2,3,4-\mathrm{I}}\right), \quad (4)$$

а также обобщенным геометрическим параметром:

$$\cos\tau = \frac{B-A}{B+A}. \quad (5)$$

Напряженно-деформированное состояние сжатых упругих тел в пределах зоны упругих деформаций в местах контакта описывается [1; 5–7] формулами Герца для следующих условий:

- площадки контакта весьма малы по сравнению с поверхностями соприкасающихся тел;
- материалы соприкасающихся тел однородны и изотропны;
- силы давления нормальны к поверхностям соприкасающихся тел.

Дополнительно полагаем, что модули упругости и коэффициенты Пуассона тел качения направляющих качения одинаковы**.**

Названные геометрические параметры для перечисленных точек контакта (рис. 3) с учетом выражений (1) – (5) соответственно составили [1]:

- для контакта «шарик – шток» при $\left(\rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{2-\mathrm{I}}\right) \le \left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{2-\mathrm{II}}\right)$:

$$R_{0-\mathrm{I}} = \frac{d_{0-\mathrm{I}}}{2}; R_{0-\mathrm{II}} = \frac{d_{0-\mathrm{II}}}{2}; \; R_{2-\mathrm{II}} = \frac{D_{2-\mathrm{II}}}{2}; \; R_{2-\mathrm{I}} = \frac{D_{2-\mathrm{I}}}{2} = \infty;$$

$$\rho_{0-\mathrm{I}} = \frac{2}{d_{0-\mathrm{I}}}; \rho_{0-\mathrm{II}} = \frac{2}{d_{0-\mathrm{II}}}; \; \rho_{2-\mathrm{II}} = \frac{2}{D_{2-\mathrm{II}}}; \; \rho_{2-\mathrm{I}} = 0;$$

$$A = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{2-\mathrm{I}}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-\mathrm{I}}} + 0\right) = \frac{1}{d_{0-\mathrm{I}}};$$

$$B = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{2-\mathrm{II}}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-\mathrm{II}}} + \frac{2}{D_{2-\mathrm{II}}}\right) = \frac{1}{d_{0-\mathrm{II}}} + \frac{1}{D_{2-\mathrm{II}}};$$

$$\sum \rho = \rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{2-\mathrm{I}} + \rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{2-\mathrm{II}} = \frac{2}{d_{0-\mathrm{I}}} + 0 + \frac{2}{d_{0-\mathrm{II}}} + \frac{2}{D_{2-\mathrm{II}}};$$

$$\cos\tau = \frac{B-A}{B+A} = \frac{\frac{1}{d_{0-\mathrm{II}}} + \frac{1}{D_{2-\mathrm{II}}} - \frac{1}{d_{0-\mathrm{I}}}}{\frac{1}{d_{0-\mathrm{II}}} + \frac{1}{D_{2-\mathrm{II}}} + \frac{1}{d_{0-\mathrm{I}}}},$$

где $d_{0-\mathrm{I}}, d_{0-\mathrm{II}}$ – диаметр шарика в плоскостях I и II, соответственно и $D_{2-\mathrm{I}}, D_{2-\mathrm{II}}$ – размер штока соответственно в плоскостях I и II;

- для контакта «шарик – втулка» при $(\rho_{0-I}+\rho_{4-I}) > (\rho_{0-II}+\rho_{4-II})$:

$$R_{0-I}=\frac{d_{0-I}}{2};\ R_{0-II}=\frac{d_{0-II}}{2};\ R_{4-I}=\frac{D_{4-I}}{2}=\infty;\ R_{4-II}=\frac{D_{4-II}}{2};$$

$$\rho_{0-I}=\frac{2}{d_{0-I}};\rho_{0-II}=\frac{2}{d_{0-II}};\ \rho_{4-I}=0;\ \rho_{4-II}=-\frac{2}{D_{4-II}};$$

$$A=\frac{1}{2}(\rho_{0-II}+\rho_{4-II})=\frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-II}}-\frac{2}{D_{4-II}}\right)=\frac{1}{d_{0-II}}-\frac{1}{D_{4-II}};$$

$$B=\frac{1}{2}(\rho_{0-I}+\rho_{4-I})=\frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-I}}+0\right)=\frac{1}{d_{0-I}};$$

$$\sum\rho=\rho_{0-I}+\rho_{0-II}+\rho_{4-I}+\rho_{4-II}=\frac{2}{d_{0-I}}+\frac{2}{d_{0-II}}+0-\frac{2}{D_{4-II}};$$

$$\cos\tau=\frac{B-A}{B+A}=\frac{\frac{1}{d_{0-I}}-\frac{1}{d_{0-II}}-\frac{1}{D_{4-II}}}{\frac{1}{d_{0-I}}+\frac{1}{d_{0-II}}-\frac{1}{D_{4-II}}},$$

где D_{4-I}, D_{4-II} – ширина и диаметр канавки втулки соответственно в плоскостях I и II;

- для контакта «шарик – гильза» при $(\rho_{0-I}+\rho_{3-I}) > (\rho_{0-II}+\rho_{3-II})$:

$$R_{0-I}=\frac{d_{0-I}}{2};\ R_{0-II}=\frac{d_{0-II}}{2};\ R_{3-I}=\frac{D_{3-I}}{2}=\infty;\ R_{3-II}=\frac{D_{3-II}}{2};$$

$$\rho_{0-I}=\frac{2}{d_{0-I}};\rho_{0-II}=\frac{2}{d_{0-II}};\ \rho_{3-I}=0;\rho_{3-II}=-\frac{2}{D_{3-II}};$$

$$A=\frac{1}{2}(\rho_{0-II}+\rho_{3-II})=\frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-II}}-\frac{2}{D_{3-II}}\right)=\frac{1}{d_{0-II}}-\frac{1}{D_{3-II}};$$

$$B=\frac{1}{2}(\rho_{0-I}+\rho_{3-I})=\frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-I}}+0\right)=\frac{1}{d_{0-I}};$$

$$\sum\rho=\rho_{0-I}+\rho_{0-II}+\rho_{3-I}+\rho_{3-II}=\frac{2}{d_{0-I}}+\frac{2}{d_{0-II}}+0-\frac{2}{D_{3-II}};$$

$$\cos\tau=\frac{B-A}{B+A}=\frac{\frac{1}{d_{0-I}}-\frac{1}{d_{0-II}}-\frac{1}{D_{3-II}}}{\frac{1}{d_{0-I}}+\frac{1}{d_{0-II}}-\frac{1}{D_{3-II}}},$$

где D_{3-I}, D_{3-II} – размер гильзы соответственно в плоскостях I и II;

- для контакта «шарик – поршень» при $(\rho_{0-I}+\rho_{1-I}) \le (\rho_{0-II}+\rho_{1-II})$:

$$R_{0-I}=\frac{d_{0-I}}{2};\ R_{0-II}=\frac{d_{0-II}}{2};\ R_{1-II}=\frac{D_{1-II}}{2};\ R_{1-I}=\frac{D_{1-I}}{2}=\infty;$$

$$\rho_{0-I}=\frac{2}{d_{0-I}};\rho_{0-II}=\frac{2}{d_{0-II}};\ \rho_{1-II}=\frac{2}{D_{1-II}};\ \rho_{1-I}=0;$$

$$A=\frac{1}{2}(\rho_{0-I}+\rho_{1-I})=\frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-I}}+0\right)=\frac{1}{d_{0-I}};$$

$$B = \frac{1}{2}\left(\rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1-\mathrm{II}}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{2}{d_{0-\mathrm{I}}} + \frac{2}{D_{1-\mathrm{II}}}\right) = \frac{1}{d_{0-\mathrm{I}}} + \frac{1}{D_{1-\mathrm{II}}};$$

$$\sum \rho = \rho_{0-\mathrm{I}} + \rho_{1-\mathrm{I}} + \rho_{0-\mathrm{II}} + \rho_{1-\mathrm{II}} = \frac{2}{d_{0-\mathrm{I}}} + 0 + \frac{2}{d_{0-\mathrm{II}}} + \frac{2}{D_{1-\mathrm{II}}};$$

$$\cos\tau = \frac{B - A}{B + A} = \frac{\dfrac{1}{d_{0-\mathrm{I}}} + \dfrac{1}{D_{1-\mathrm{II}}} - \dfrac{1}{d_{0-\mathrm{I}}}}{\dfrac{1}{d_{0-\mathrm{I}}} + \dfrac{1}{D_{1-\mathrm{II}}} + \dfrac{1}{d_{0-\mathrm{I}}}},$$

где $D_{1-\mathrm{I}}, D_{1-\mathrm{II}}$ – ширина и диаметр канавки поршня соответственно в плоскостях I и II.

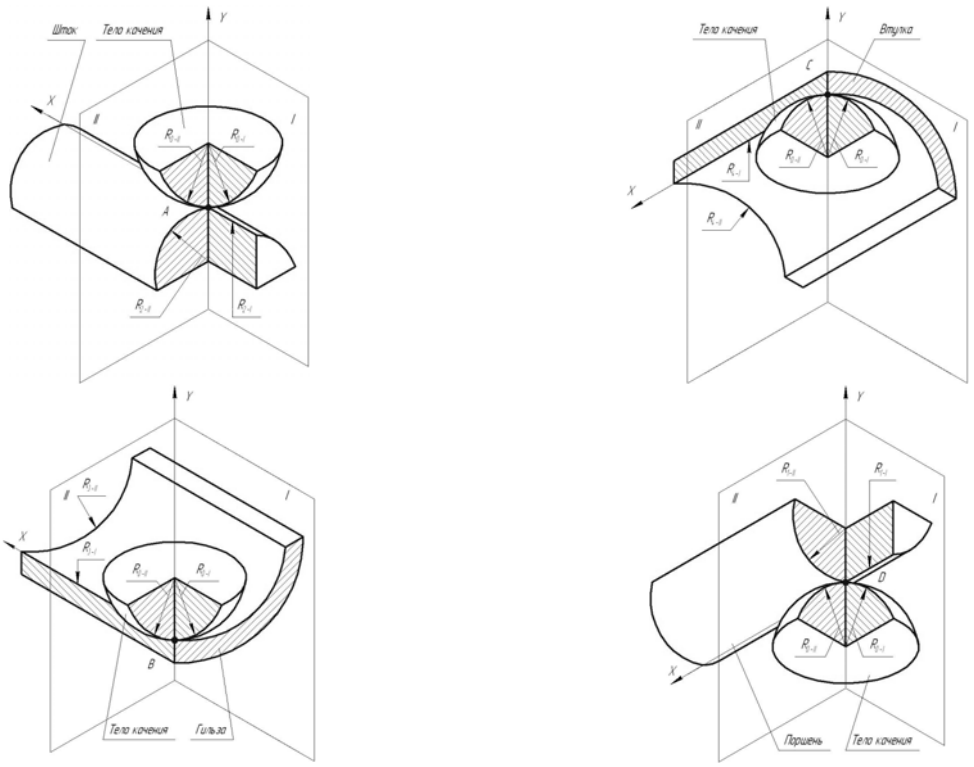


Рис. 3. Контакты шарика со штоком, втулкой, гильзой и поршнем

Последняя величина (cos τ) во всех случаях необходима для нахождения справочных параметров сопряжения μ и ν [1; 5; 6], требуемых для определения площади F эллиптической площадки контакта сопряженных элементов

$$F = \pi\mu\nu \sqrt[3]{\left(\frac{3\left(1-\varepsilon^2\right)}{E\sum\rho} P_0\right)^2}, \tag{6}$$

в которой E – модуль Юнга; ε – коэффициент Пуассона и P_0 – максимальное усилие, воспринимаемое наиболее нагруженным шариком и найденное с учетом количества Z несущих шариков [8] и числа n рядов шариков из выражения

$$P_0 = \frac{k_{max} R}{k_{\text{конт}} n Z_{\text{конт}}}. \tag{7}$$

В нем k_{max} – максимальное значение коэффициента, зависящего от количества и размеров шариков в одном ряду сопряжения; $k_{\text{конт}}$ – коэффициент, учитывающий число точек контакта шарика, для гильзы и штока $k_{\text{конт}}$ =1; для направляющей втулки и поршня $k_{\text{конт}}$ = 2; $Z_{\text{конт}}$ – количество шариков в одном ряду, расположенных на половине дуги со-

пряжения; n – число рядов тел качения в направляющей втулке и на поршне, n = (1 … 5); R – нагрузка в подвижном сопряжении гидроцилиндра.

Контактные напряжения и условие прочности с учетом записей (6) и (7) можно представить в виде [1]:

$$\sigma_{КОНТ} = \frac{P_0}{F} \le [\sigma_{КОНТ}], \quad (8)$$

где $[\sigma_{конт}]$ – допускаемые напряжения в контакте [5–7].

В случае, когда условие (8) не выполняется необходимо либо изменить диаметр шарика, либо увеличить число рядов в сопряжении в зависимости от конструкции и размеров конкретного гидроцилиндра (рис. 4).

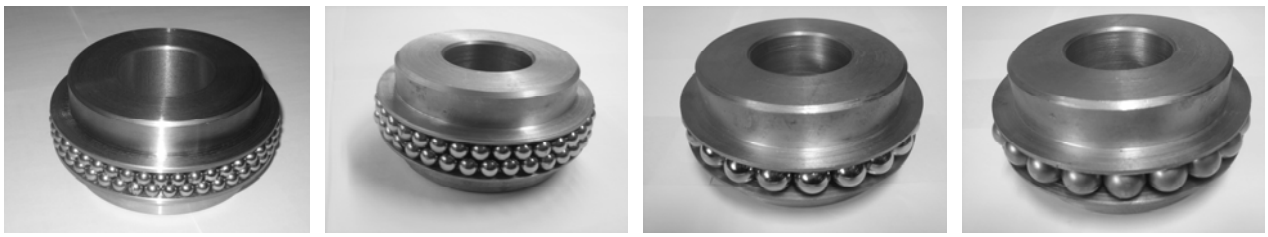


Рис. 4. Варианты исполнения поршня с шариками

В заключение необходимо отметить, что работоспособность направляющих качения с названными элементами качения обеспечивается тем, что внутренние опорные поверхности канавок должны иметь двухсторонний наклон с углом к движущейся уплотняемой поверхности, минимально превышающим сумму углов трения шарика с контактирующими поверхностями, в которой угол трения шарика с движущейся уплотняемой поверхностью больше суммы остальных [4].

В том случае, когда применение направляющих качения с шариками по каким-либо причинам нецелесообразно, в качестве тел качения рекомендуем использовать пружины или диски [9].

Литература

1. *Кобзова И. О.* Направляющие качения гидроцилиндра / И. О. Кобзова // Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров: материалы Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ). Книга 1. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010. – С. 422–428.

2. А.с. СССР № 1070363. МКИ F16J/22. Исполнительный гидроцилиндр. А / А.Г. Дадашев. – 1984.

3. А.с. СССР № 1333890. МКИ F15B15/14. Гидроцилиндр / Н. О. Климакин, А. И. Иванов. – 1987.

4. А.с. СССР № 1807256. МКИ F15B15/14. Гидроцилиндр / Д. Ю. Кобзов, В. А. Рукавишников, А. П. Сергеев и др. – 1993.

5. *Спришевский А. И.* Подшипники качения / А. И. Спришевский. – М.: Машиностроение, 1968. – 632 с.: ил.

6. *Перель Л. Я.* Подшипники качения: расчет, проектирование и обслуживание опор: справочник / Л. Я. Перель. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 606 с.: ил.

7. *Леликов О. П.* Валы и опоры с подшипниками качения. Конструирование и расчет: справочник / О. П. Леликов. – М.: Машиностроение, 2006. – 640 с.: ил.

8. *Шелофаст В. В.* Основы проектирования машин / В. В. Шелофаст. – М.: Изд-во АПМ, 2000. – 467 с.

9. Патент №2447327 РФ, МКИ F15B15/00. Гидроцилиндр / Д. Ю. Кобзов, П. М. Огар, И. О. Кобзова (РФ). – № 2010109585/06; заявл. 15.03.2010; опубл. 20.09.12, Бюл. № 10.

УДК 621.833.38

Николай Владимирович Подопригора, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: n.v.podoprigora@gmail.com

Nikolay Vladimirovich Podoprigora, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: n.v.podoprigora@gmail.com

СИСТЕМА КОНСОЛИДАЦИИ ДАННЫХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРТИЗЕ ДТП

DATA CONSOLIDATION SYSTEM FOR RECONSTRUCTION AND EXPERT EXAMINATION OF TRAFFIC ACCIDENTS

В статье проведен анализ применения и развития кибернетического профиля в экспертной практике. Проведен эксперимент по выявлению сведений о характере движения и торможения транспортного средства на примере легкового автомобиля. На основании его заключения, предлагается метод получения первичных данных для экспертных исследований, необходимых при реконструкции и экспертизе ДТП. За счет внедрения существующих и готовых к адаптированию плат на базе микроконтроллеров, доказывается возможность в получении и сохранении сведений о техническом состоянии тормозной системы, видеосигналов движения транспортного средства, скоростных характеристиках, моментах торможения. В качестве примера такой конструкции предлагается к рассмотрению плата ATmega 128 V1.0.

Ключевые слова: реконструкция и экспертиза ДТП, первичные данные, экспертные исследования, момент торможения, техническое состояние, тормозная система.

The article analyzes the application and development of cybernetic profile in expert examination. An experiment was performed to find information about the character of movement and braking of a vehicle by the example of an automobile. Based on its conclusion, a method to obtain primary data for expert studies required for reconstruction and expert examination of traffic accidents is suggested. By introducing the existing and ready for adaptation plates based on microcontrollers, a possibility to obtain and store information about the technical state of the brake system, speed characteristics, braking torques, and video records of the vehicle's movement is proved. An example of such hardware is ATmega 128 V1.0 plate, which is suggested for consideration.

Keywords: reconstruction and expert examination of traffic accidents, primary data, expert studies, braking torque, technical condition, braking system.

С развитием научно-технического прогресса во всем мире, наблюдается активное расширение диапазона для научных исследований во многих сферах человеческой деятельности. Одним из ее проявлений является бурный процесс дифференциации и интеграции наук, как в естественных, так и в технических.

В практике реконструкции и экспертизе ДТП внедрение кибернетического профиля позволяет максимально точно установить истинные причины ДТП и обеспечить высокий уровень объективности выводов судебных автотехнических экспертов [1].

При реконструкции и экспертизе ДТП изначальные фактические данные об обстоятельствах ДТП устанавливаются сотрудниками ГИБДД на месте происшествия, которые не всегда являются объективными. Величины числовых значений (параметров и коэффициентов), входящих в расчетные зависимости, эксперт, как правило, выбирает самостоятельно из справочной или научно-технической литературы, исходя из своего опыта или на основании существующих рекомендаций и конкретных условий ДТП [2; 3].

Окончательный и достоверный вывод эксперта зависит от того, насколько исходная информация соответствует действительности, всегда ли она точна и правдоподобна. Как показывает опыт, полностью это условие при реконструкции ДТП не выполняется никогда. Используемая информация всегда несет в себе элементы неопределенности, что и приводит к сомнениям в правильности выводов экспертных заключений [4; 5; 6].

В ряде развитых стран, для технического решения подобных задач уже имеется возможность использовать современную вычислительную технику, позволяющую считывать с транспортного средства необходимую информацию (о скорости движения на различных временных интервалах, времени торможения и др.). Для проведения экспертных

исследований, при реконструкции и экспертизе ДТП такие устройства весьма дорогостоящи и, как правило, не всегда имеют расширенную функциональность и универсальность.

Создание прототипа и адаптирование его под конкретные задачи с наименьшими затратами является актуальной разработкой для экспертных исследований. Изобретение такого устройства стало возможным с появлением так называемого «электронного конструктора», включающего в себя печатную плату на базе микроконтроллера. В качестве основы для фиксирования скоростных показателей и видеосигнала о перемещении транспортного средства использована плата с микроконтроллером ATmega 128 V1.0. При взаимосвязи с антиблокировочной системой (ABS) и внешней web-камерой удалось сохранить данные (предварительно преобразовав сигнал из аналогового в цифровой) на переносной цифровой носитель.

Конструкция блока имеет набор входов/выходов, которые позволяют подключать, помимо переферийных устройств, в том числе и датчики ABS (рис. 1). Считывание данных производится напрямую, без вмешательства штатных систем транспортного средства.

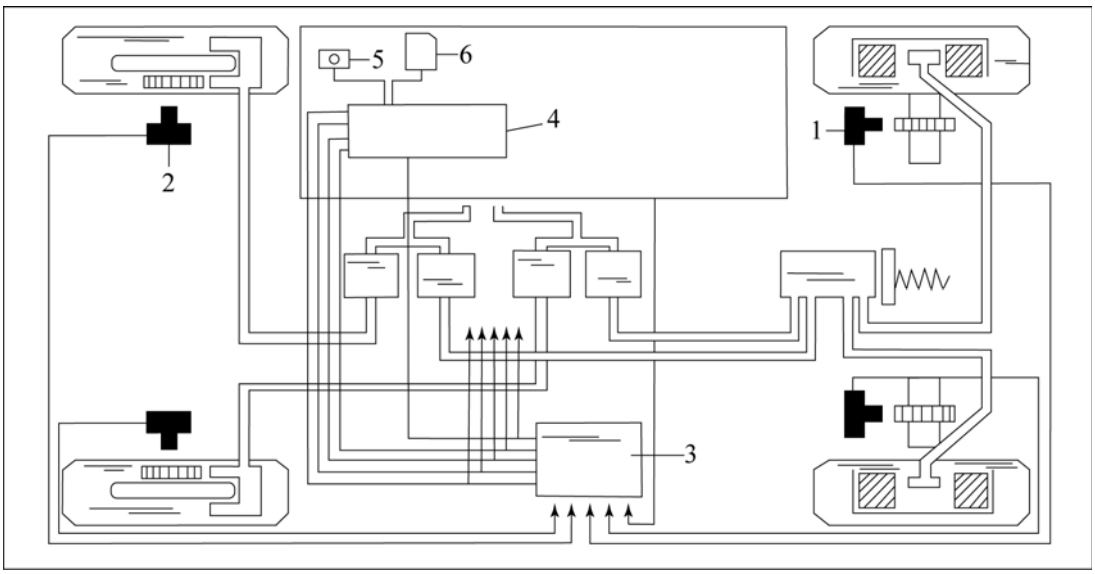


Рис. 1. Принципиальная схема взаимодействия ATmega 128 V1.0 с системой ABS:
1 – датчик ABS заднего колеса; 2 – датчик ABS переднего колеса; 3 – модуль ABS;
4 – плата ATmega 128; 5 – web-камера; 6 – цифровой носитель

В качестве подтверждения возможности получения данных, проведен эксперимент по определению скорости вращения каждого колеса транспортного средства [7]. Объектом исследования стал автомобиль марки Suzuki Grand Vitara 2008 года выпуска, полноприводный и оснащенный системой ABS. Считывание данных осуществлялось по средствам подключения диагностического сканера Launch x431 diagun. Эксперимент проводился в реальных условиях дорожного движения на прямолинейном участке улицы, на сухом асфальте. Результат полученных данных о скорости транспортного средства в целом с момента начала движения автомобиля с каждого датчика колеса отображены как в цифровом, так и в графическом варианте (рис. 2).

Подробный алгоритм работы платы с микропроцессором ATmega 128V1.0 представлен на рис. 3.

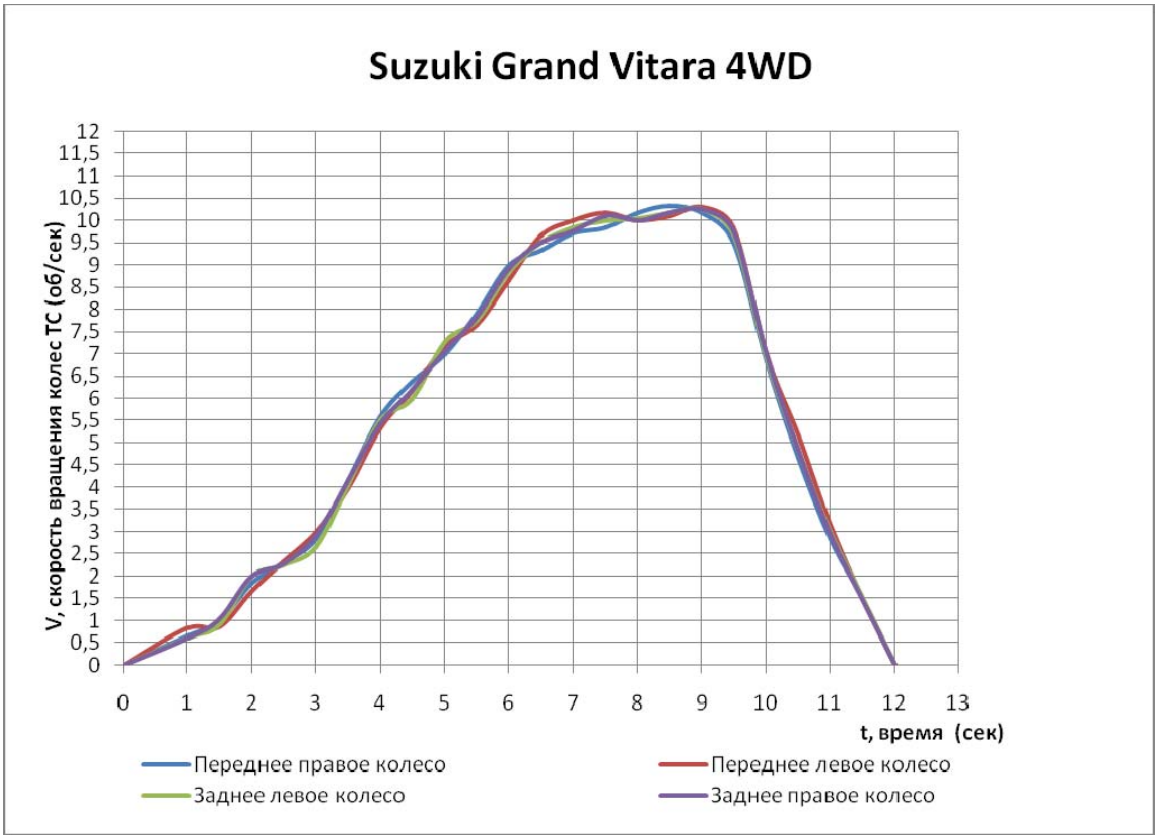


Рис. 2. Графическое отображение скорости вращения колес автомобиля Suzuki Grand Vitara

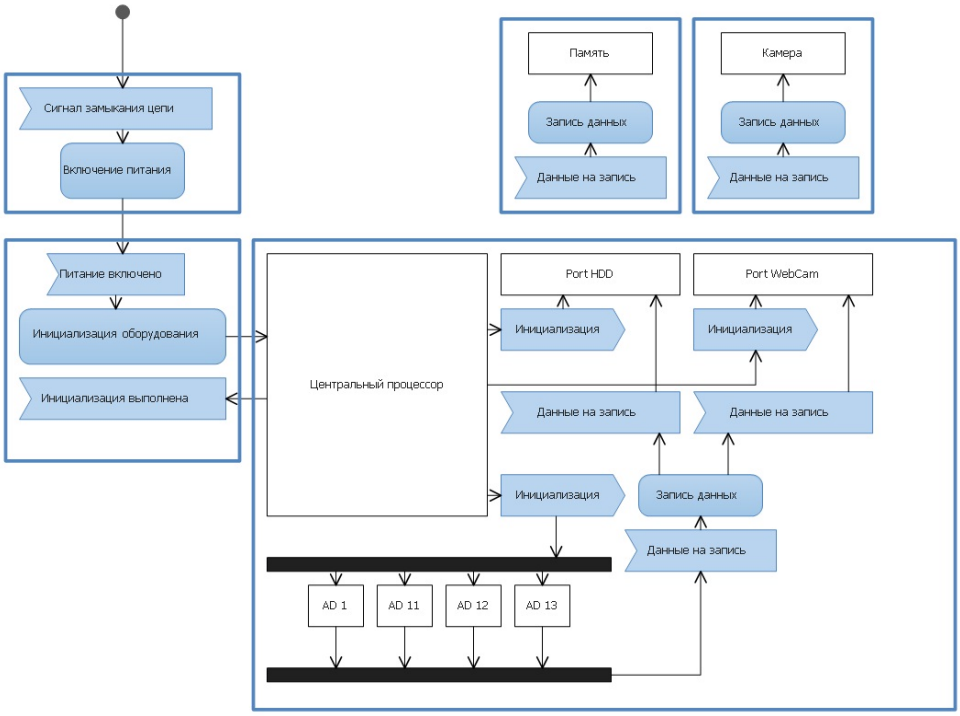


Рис. 3. Алгоритм работы платы с микропроцессором ATmega 128V1.0

Применение предлагаемой методики фиксирования данных, по средствам использования современных вычислительных систем, при реконструкции и экспертизе ДТП но-

сит исключительно доказательный характер [8; 9; 10]. Суть использования таких кибернетических средств в экспертной практике заключается в возможности решать целый комплекс неразрешимых задач гораздо быстрее, точнее и надежнее, чем другими средствами и методами.

Литература

1. *Тартаковский Д. Ф.* Проблемы неопределенности данных при экспертизе дорожно-транспортных происшествий / Д. Ф. Тартаковский // – СПб.: Юридический центр «Пресс», 2006. – 268 с.

2. *Евтюков С. А.* Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах: учебное пособие для специалистов и экспертов по анализу ДТП, экспертов-техников и др. / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев // Издательский Дом «Петрополис». – СПб., 2012. – 324 с.

3. *Евтюков С. А.* Экспертиза ДТП: методы и технологии: учебное пособие для специалистов и экспертов по анализу ДТП, экспертов-техников и др. / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев; СПбГАСУ. – СПб., 2012. – 310 с.

4. *Подопригора Н. В.* Влияние дополнительных факторов на время срабатывания тормозной системы транспортного средства при вычислении остановочного пути / Н. В. Подопригора // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – URL: http://www.science-education.ru/102-6096 (дата обращения: 13.03.2016).

5. *Евтюков С. А.* Совершенствование методики вычисления остановочного пути / С. А. Евтюков, Н. В. Подопригора // Вестник гражданских инженеров. – 2012 – № 4(33). – С. 214–219.

6. *Подопригора Н. В.* Совершенствование методики определения тормозных параметров при реконструкциях ДТП / Н. В. Подопригора // Вестник гражданских инженеров. – 2012 – № 6(35). – С. 143–150.

7. *Глазков В. Ф.* Основы теории надежности, работоспособности и диагностики машин: учеб. пособие / В. Ф. Глазков, С. А. Евтюков. – СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2011. – 450с.

8. *Подопригора Н. В.* Уточнение традиционной методики вычисления остановочного пути / Н. В. Подопригора, П. А.Степина // Актуальные проблемы безопасности дорожного движения: матер. междунар. науч.-прак. конф. студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов, СПбГАСУ. – СПб., 2012. – С. 121–123.

9. *Подопригора Н.В.* Методика определения параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции ДТП / Н.В. Подопригора // Материалы 11-ой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПбГАСУ. – СПб., – 2014. – С. 489–498.

10. *Подопригора Н. В.* Определение параметров процесса торможения автотранспортных средств при реконструкции и экспертизе ДТП / Н. В. Подопригора // Мир транспорта и технологических машин: научно-технический журнал. – 2015. – № 1(48). – С. 93–102.

УДК 656.131

Сергей Васильевич Репин, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Владимир Александрович Головко, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: repinserge@mail.ru, busa-pest@rambler.ru

Sergej Vasilevich Repin, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Vladimir Aleksandrovich Golovko, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: repinserge@mail.rubusa-pest@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПУНКТА ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОСМОТРА

STUDY OF OPERATION OF A MOBILE OFFICE OF STATE TECHNICAL INSPECTION

В статье рассмотрена методика оценки пропускной способности мобильного пункта государственного технического осмотра (ГТО) с точки зрения теории массового обслуживания. Процесс обслуживания автомобилей рассматривается как стохастический. Проводится компьютерный эксперимент с использованием метода имитационного моделирования, в котором время ожидания и обслуживания получают путем генерирования случайных чисел в заданных пределах. На основании серии экспериментов получают стохастические характеристики процесса обслуживания, посредством которых рассчитывают пропускную способность ГТО. Используемые математические средства – Excel.

Ключевые слова: государственный технический осмотр (ГТО), автомобиль, теория массового обслуживания, моделирование, ожидание, обслуживание.

The article considers methodology for assessment of capacity of a mobile office of state technical inspection (STI) from the viewpoint of the queuing theory. The car service process is considered to be stochastic. A com-

puter experiment using a simulation technique has been used where the time of waiting and service are obtained by random number generation within the prescribed limits. Stochastic parameters of the service process to calculate the capacity of STI are obtained on the basis of a series of experiments. The applied mathematical tool is Excel.

Keywords: state technical inspection (STI), car, queuing theory, simulation, waiting, service.

Функционирование мобильного пункта государственного технического осмотра (МПГТО) включает несколько взаимосвязанных, но в то же время отдельных процессов. Это, во-первых, подготовка к работе самого МПГТО, как технического средства, а также персонала, документации и т.д. Во-вторых, оценку потенциального количества клиентов в территориально распределенных населенных пунктах. В-третьих, построение оптимального маршрута движения МПГТО и оптимальных пунктов его базирования. В-четвертых, оценку пропускной способности МПГТО с целью расчета времени работы на маршруте и экономической его эффективности. Решению последней задачи посвящается данная статья.

Процесс проведения ГТО является стохастическим, в котором случайные величины – время ожидания клиента и время обслуживания. Модель проведения ГТО представим в виде следующей системы массового обслуживания (СМО): одноканальная, с очередью без ограничения длины, клиент не покидает очередь и всегда дожидается обслуживания, с однородными потоками заявок на обслуживание, разомкнутая, абсолютно надежная.

На основании исходных данных, полученных в результате опытной эксплуатации мобильного пункта государственного технического осмотра (МПГТО) в республике Коми (РК) в 2012 году [1], установлено, что эти величины изменяются в пределах 0…32 мин. и 37…54 мин. соответственно (рис. 1).

	B	C	D	E	F
1	Таблица 1 - Исходные условия эксперимента				
2		Минимум	Максимум	Распределение	
3	Время ожидания, мин.	0	32	Равномерное	
4	Время обслуживания, мин.	37	54	Равномерное	
5	Количество экспериментов	20			

Рис. 1. Исходные данные имитационного эксперимента в среде Excel

Эксперимент выполнялся в среде Excel. Для имитации использовался генератор случайных чисел равномерного распределения в установленных пределах с использованием встроенных функций программной среды (метод Монте-Карло) [2] (рис. 2).

Результаты эксперимента представлены количеством выполненных ГТО в течение двенадцатичасового рабочего дня и средним коэффициентом загрузки рабочего времени 0,76 (рис. 3).

В столбце *F* представлено кумулятивное время выполнения ГТО с учетом времени ожидания клиентов, ограниченное длительностью рабочего дня – 12 часов. Результаты двадцати экспериментов с выполненной статистической обработкой представлены на рис. 4 и 5.

	A	B	C	D	E	F
7	Таблица 2 - Имитационный эксперимент (метод Монте-Карло)					
8						
9	№ опыта	Время ожидания, мин	Время обслуживания, мин	Суммарное время, мин	Суммарное время, час	Время работы МПГТО, час
10	1	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B10+C10	=D10/60	=E10
11	2	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B11+C11	=D11/60	=E11+F10
12	3	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B12+C12	=D12/60	=E12+F11
13	4	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B13+C13	=D13/60	=E13+F12
14	5	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B14+C14	=D14/60	=E14+F13
15	6	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B15+C15	=D15/60	=E15+F14
16	7	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B16+C16	=D16/60	=E16+F15
17	8	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B17+C17	=D17/60	=E17+F16
18	9	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B18+C18	=D18/60	=E18+F17
19	10	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B19+C19	=D19/60	=E19+F18
20	11	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B20+C20	=D20/60	=E20+F19
21	12	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B21+C21	=D21/60	=E21+F20
22	13	=СЛУЧМЕЖДУ(C3; D3)	=СЛУЧМЕЖДУ(C4; D4)	=B22+C22	=D22/60	=E22+F21

Рис. 2. Фрагмент таблицы Excel с формулами имитационного эксперимента

	A	B	C	D	E	F
7	Таблица 2 - Имитационный эксперимент (метод Монте-Карло)					
8						
9	№ опыта	Время ожидания, мин	Время обслуживания, мин	Суммарное время, мин	Суммарное время, час	Время работы МПГТО, час
10	1	27	45	72	1,20	1,20
11	2	10	37	47	0,78	1,98
12	3	0	48	48	0,80	2,78
13	4	30	51	81	1,35	4,13
14	5	1	47	48	0,80	4,93
15	6	4	41	45	0,75	5,68
16	7	1	39	40	0,67	6,35
17	8	20	43	63	1,05	7,40
18	9	14	43	57	0,95	8,35
19	10	2	41	43	0,72	9,07
20	11	17	39	56	0,93	10,00
21	12	8	50	58	0,97	10,97
22	13	17	45	62	1,03	12,00
23	14	23	40	63	1,05	13,05
24	15	19	50	69	1,15	14,20
25	16	10	45	55	0,92	15,12
26	17	15	48	63	1,05	16,17
27	18	29	54	83	1,38	17,55
28	19	27	49	76	1,27	18,82
29	20	19	51	70	1,17	19,98
30	Среднее	15	45	60	1,00	
31	Стандарт. отклонение	10	5	13	0,21	
32	Коэф.вариации	0,67	0,11	0,21	0,21	
33	Минимум	0	37	40	0,67	
34	Максимум	30	54	83	1,38	
35	Коэфф. загрузки рабочего времени		0,76			

Рис. 3. Таблица Excel с результатами одного имитационного эксперимента

H	I	J	K
Таблица 3 - Результаты эксперимента			
№ опыта	Количество ГТО в день, шт.	Количество ГТО в месяц, шт.	Коэфф. загрузки рабочего времени
1	10	260	0,72
2	11	286	0,75
3	12	312	0,77
4	11	286	0,73
5	12	312	0,76
6	11	286	0,71
7	11	286	0,76
8	12	312	0,81
9	13	338	0,82
10	10	260	0,72
11	11	286	0,74
12	12	312	0,8
13	11	286	0,78
14	13	338	0,81
15	12	312	0,79
16	11	286	0,72
17	12	312	0,78
18	10	260	0,72
19	13	338	0,81
20	12	312	0,78
Среднее	12	299	0,76
Стандарт. отклонение	0,95	24,59	0,04
Коэф.вариации	0,08	0,08	0,05
Минимум	10	260	0,71
Максимум	13	338	0,82

Рис. 4. Результаты двадцати экспериментов
с выполненной статистической обработкой

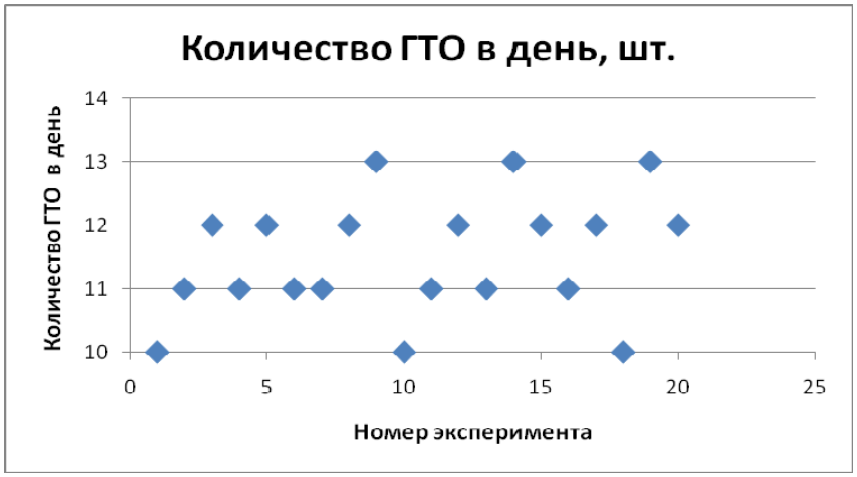


Рис. 5. Результаты двадцати экспериментов с выполненной
статистической обработкой

Эксперименты показали, что среднее количество проводимых ГТО в день – 12 штук, в месяц – 300, в год – 3600, максимальное в год – 4200. Разброс значений (коэффициент вариации) – 8 % в обе стороны от среднего, средний коэффициент загрузки рабочего времени – 0,76.

Выводы

Статистический эксперимент процесса проведения государственного технического осмотра мобильным пунктом показал следующие результаты:

– среднее количество ГТО в месяц – 300 штук, в год – 3600, максимальное количество – 4200;

– средний коэффициент загрузки рабочего времени – 0,76.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта «Разработка методики формирования структурных элементов транспортной системы по экономическим и надежностным критериям (на примере парков транспортно-технологических машин)», проект № 15-02-00512.

Литература

1. Разработка проекта участка автосервиса для оказания услуги по подготовке прохождения ГТО на базе ООО «ВеГо»: Отчет о НИР (заключ.) / С.-Петерб. гос. ун-т сервиса и экономики, Сыктывкарский филиал; рук. В. А. Головко. – Сыктывкар, 2012. – 51 с.

2. *Коросов А. В.* Имитационное моделирование в среде MS Excel (на примерах из экологии): Монография / А. В. Коросов. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. – 212 с.

УДК 621.6.04

Валентин Станиславович Сизиков, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: sizikovvs@ya.ru

Valentin Stanislavovich Sizikov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sizikovvs@ya.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЛОЯ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ ДВУМЯ ПРОТИВОФАЗНО КОЛЕБЛЮЩИМИСЯ ТРАНСПОРТИРУЮЩИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

DETERMINATION OF PARAMETERS OF VIBRODISPLACEMENT OF GRANULAR MEDIA LAYER BY TWO TRANSPORTING ANTIPHASE OSCILLATING WORKING BODIES

В работе представлена схема всех возможных видов взаимодействия слоя сыпучего материала, отображаемого феноменологической моделью, с двумя противофазно колеблющимися рабочими органами виброконвейера. Приведена расчетная схема для двух основных этапов движения слоя – этапа полета слоя и этапа его совместного движения с рабочими органами. Для описания указанного процесса с целью определения параметров виброперемещения слоя материала предложено использовать метод поэтапного интегрирования. Изложена процедура применения методов Рунге – Кутты для решения уравнений движения элементов рассматриваемой механической системы и сплайн-интерполяции для нахождения моментов перехода между этапами движения.

Ключевые слова: рабочие органы, феноменологическая модель, слой сыпучей среды, виброперемещение, виброконвейер, метод Рунге – Кутты, сплайн-интерполяция.

The paper presents a diagram of all possible types of interaction (displayed by phenomenological model) between a layer of granular material and two antiphasely oscillating working bodies of the oscillating conveyer. It shows the design scheme for the two main stages of layer movement, the phase of motion and the stage of joint movement with the working bodies. To describe this process in order to determine the parameters of vibratory displacement of the material layer, the author proposed to apply the method of sequential integration. The article also presented the procedure for applying Runge–Kutta methods for solving the motion equations for elements of the

mechanical system under consideration, as well as the procedure for spline interpolation for finding the moments of transition between the stages of movement.

Keywords: working bodies, phenomenological model, the layer of granular material, vibratory displacement, oscillating conveyer, Runge–Kutta method, spline interpolation.

Процесс транспортирования слоя сыпучего материала двумя противофазно колеблющимися рабочими органами виброконвейера включает в себя несколько характерных этапов их взаимодействия [1]. Определение параметров виброперемещения слоя материала для оценки производительности виброконвейера требует построения расчетной схемы взаимодействия слоя с рабочими органами и решения уравнений движения элементов рассматриваемой механической системы для каждого такого этапа.

На рис. 1 приведены расчетные схемы, описывающие динамику взаимодействия рабочих органов виброконвейера со слоем транспортируемого материала на двух этапах: этапе его совместного движения с обоими рабочими органами, в процессе которого происходит объемное сжатие слоя материала, отображаемого упруго-вязкой феноменологической моделью (рис. 1, *а*), и этапе его свободного полета, в течение которого слой материала непосредственно не контактирует с горизонтальными поверхностями рабочих органов виброконвейера и взаимодействие слоя с последними осуществляется через образующуюся прослойку воздушной среды (рис. 1, *б*).

На рис. 1 приняты следующие обозначения: m_1, m_2 – массы нижнего и верхнего рабочих органов виброконвейера; m_3 – масса слоя материала; $m_{01} = 0$, $m_{02} = 0$ – безынерционные массы нижней и верхней контактных поверхностей слоя; c_{1x}, b_{1x}, c_{1y}, b_{1y} – коэффициенты упругих и вязких сопротивлений упругих опор (пружин) виброконвейера в направлениях осей ox и oy; c_{2x}, b_{2x}, c_{2y}, b_{2y} – коэффициенты упругих и вязких сопротивлений упругих элементов виброконвейера, соединяющих его рабочие органы, в направлениях осей ox и oy; c_{3x}, b_{3x}, c_{3y}, b_{3y} – коэффициенты, моделирующие упругие и вязкие свойства слоя материала в направлениях осей ox и oy; c^*_{3y}, b^*_{3y} – коэффициенты упругих и вязких сопротивлений между рабочими органами и слоем материала на этапе его полета, обусловленных действием возникающей между ними прослойки воздушной среды; $F_1(t)$, $F_2(t)$ – вынуждающие силы вибровозбудителей, передающиеся нижнему и верхнему рабочим органам виброконвейера.

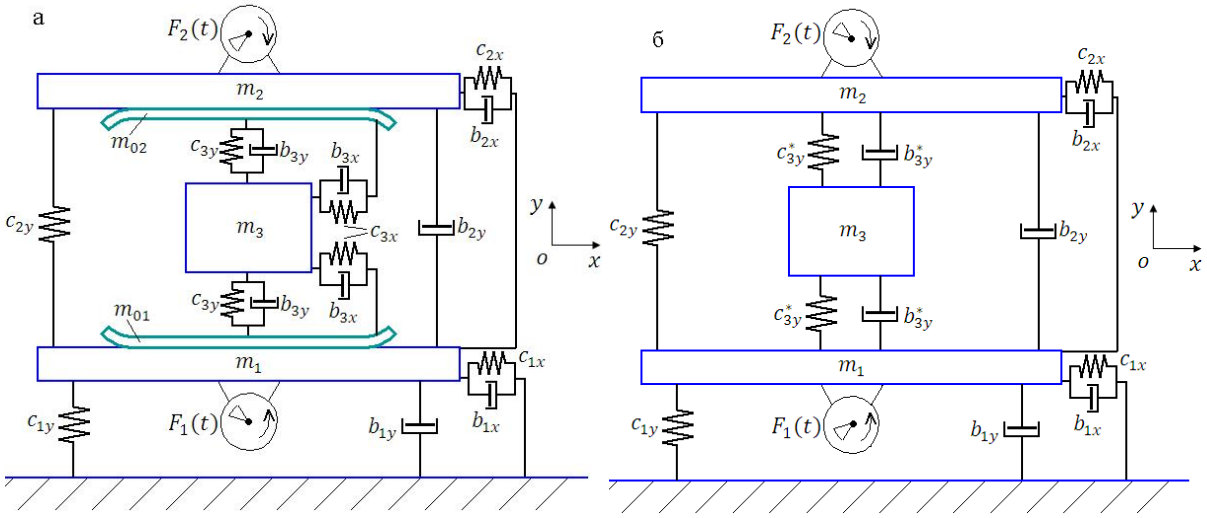


Рис. 1. Расчетные схемы взаимодействия рабочих органов виброконвейера со слоем материала: *а* – на этапе их совместного движения, *б* – на этапе полета слоя материала

Схема, демонстрирующая этапы движения слоя материала, отображаемого феноменологической моделью, и все возможные виды его взаимодействия с рабочими органа-

ми на каждом из этапов представлена на рис. 2. На нем показаны: этап совместного движения слоя материала с обоими рабочими органами (этап 1, включает виды взаимодействия 1.1–1.4), этап совместного движения слоя с верхним рабочим органом (этап 2, включает виды взаимодействия 2.1, 2.3), этап совместного движения слоя с нижним рабочим органом (этап 3, включает виды взаимодействия 3.1, 3.3), этап свободного полета слоя (этап 4); кроме того на схеме стрелками отмечены все варианты переходов от одних видов взаимодействия к другим.

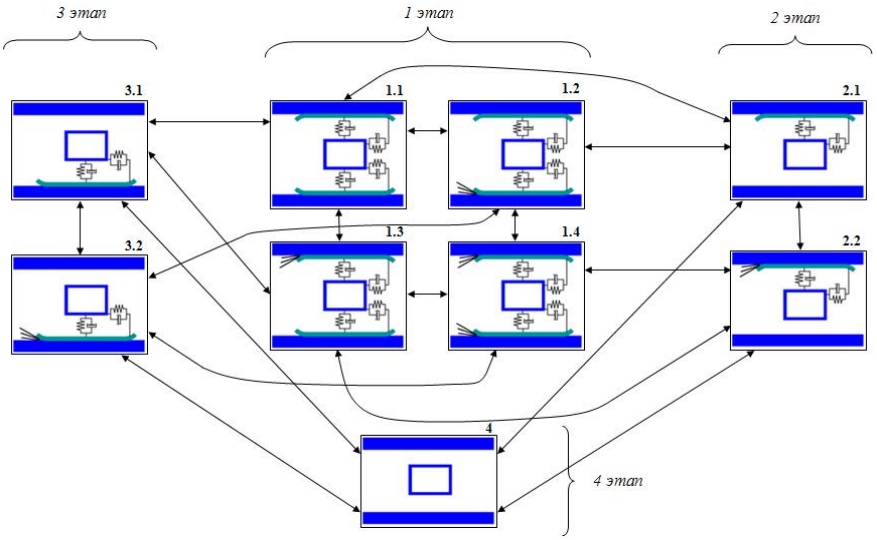
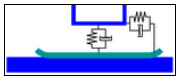
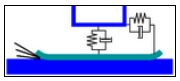
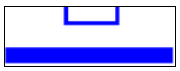


Рис. 2. Схема всех возможных видов взаимодействия слоя материала с рабочими органами виброконвейера и вариантов переходов между ними

Виды взаимодействия слоя материала с рабочими органами виброконвейера обозначены следующими фигурами:

1)  – слой находится в контакте с одним из рабочих органов, проскальзывание между ними отсутствует;

2)  – слой находится в контакте с одним из рабочих органов и скользит по нему;

3)  – слой не контактирует с одним из рабочих органов.

Динамика рассматриваемой трехмассовой механической системы для каждого из представленных на рис. 2 видов взаимодействия может быть описана системой линейных дифференциальных уравнений. Однако с учетом того, что весь исследуемый процесс характеризуется наличием в системе неудерживающих связей и сил кулоновского трения, в целом рассматриваемая механическая система является существенно нелинейной. Для определения законов движения элементов таких систем широко используется метод поэтапного интегрирования [1], который требует построения интегралов уравнений движения для каждого из девяти различных видов взаимодействия совместно с нахождением корней трансцендентных уравнений, определяющих моменты перехода между ними. Поскольку в аналитическом виде это представляет собой весьма сложную и трудоемкую задачу, то для ее решения целесообразно воспользоваться численными методами, позволяющими существенно сократить время, затрачиваемое на поиск соответствующих интегралов и корней трансцендентных уравнений [2].

Интегрирования уравнений движения рассматриваемой трехмассовой механической системы осуществляется методом Рунге–Кутты 4-й степени точности, который явля-

ется наиболее универсальным методом моделирования динамических систем с различным уровнем демпфирования [3].

Суть применения упомянутого численного метода для решения уравнений динамики виброперемещения слоя покажем на примере интегрирования системы уравнений движения механической системы по оси *oy* для этапа свободного полета слоя материала относительно рабочих органов виброконвейера (рис. 1, *б*), которая представлена ниже:

$$m_1\ddot{y}_1 + c_{1y}y_1 + b_{1y}\dot{y}_1 - c_{2y}(y_2 - y_1) - b_{2y}(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - c^*_{3y}(y_3 - y_1) - b^*_{3y}\ (\dot{y}_3 - \dot{y}_1) = F_1(t), \quad (1)$$

$$m_2\ddot{y}_2 + c_{2y}(y_2 - y_1) + b_{2y}(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + c^*_{3y}(y_2 - y_1) + b^*_{3y}\ (\dot{y}_2 - \dot{y}_3) = F_2(t), \quad (2)$$

$$m_3\ddot{y}_3 + c^*_{3y}(2y_3 - y_2 - y_1) + b^*_{3y}\ (2\dot{y}_3 - \dot{y}_2 - \dot{y}_1) = 0. \quad (3)$$

Здесь помимо принятых ранее обозначений введены y_1, y_2, y_3 – вертикальные координаты масс m_1, m_2, m_3, отсчитываемые от положений их статического равновесия.

Уравнения (1) – (3) решаются со следующими начальными условиями:

$$t = t_0 : y_1 = y_{10}, y_2 = y_{20}, y_3 = y_{30}, \dot{y}_1 = \dot{y}_{10}, \dot{y}_2 = \dot{y}_{20}, \dot{y}_3 = \dot{y}_{30}. \quad (4)$$

Для удобства дальнейшего рассмотрения приведем систему уравнений (1)–(3) с начальными условиями (4) к матричной форме:

$$A\ddot{y} + B\dot{y} + Cy = Q(t), \quad (5)$$

$$t = t_0 : y = y_0, y, \dot{y} = \dot{y}_0, . \quad (6)$$

где $A = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix}$ – матрица инерционных коэффициентов;

$B = \begin{pmatrix} b_{1y} + b_{2y} + b^*_{3y} & -b_{2y} & -b^*_{3y} \\ -b_{2y} & b_{2y} + b^*_{3y} & -b^*_{3y} \\ -b^*_{3y} & -b^*_{3y} & 2b^*_{3y} \end{pmatrix}$ – матрица коэффициентов вязких сопротивлений;

$C = \begin{pmatrix} c_{1y} + c_{2y} + c^*_{3y} & -c_{2y} & -c^*_{3y} \\ -c_{2y} & c_{2y} + c^*_{3y} & -c^*_{3y} \\ -c^*_{3y} & -c^*_{3y} & 2c^*_{3y} \end{pmatrix}$ – матрица жесткости;

$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}$ – столбец неизвестных координат;

$Q(t) = \begin{pmatrix} F(t) \\ -F(t) \\ 0 \end{pmatrix}$ – столбец вынуждающей силы.

Введем переменную $v = \dot{y}$ и преобразуем уравнение (5) к виду:

$$\begin{cases} \dot{y} = Ev \\ \dot{v} = -A^{-1}Cy - A^{-1}Bv + A^{-1}Q(t) \end{cases}, \quad (7)$$

где E – единичная матрица.

Также примем следующие обозначения:

$$x = \begin{pmatrix} y \\ v \end{pmatrix}, M = \begin{pmatrix} 0 & E \\ -A^{-1}C & -A^{-1}B \end{pmatrix}, X(t) = \begin{pmatrix} 0 \\ A^{-1}Q(t) \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Тогда система уравнений (7) с начальными условиями (6) сводится к нормальной форме Коши:

$$\dot{x} = Mx + X(t) = f(t,x), x_0 = \begin{pmatrix} y_0 \\ v_0 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Схема метода Рунге–Кутты 4-й степени точности для решения задачи Коши (9) выглядит следующим образом [4]:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_n + h\sum_{i=1}^{4} b_i k_i \\ k_i = f(t_n + c_i h, x_n + h\sum_{j=1}^{4} a_{ij} k_j), i = 1,...,4 \end{cases}, \quad (10)$$

где t_n – момент времени на n-ом шаге; x_n – значение x в момент времени t_n; $h = t_{n+1} - t_n$ – шаг дискретизации по времени.

Значения a_{ij}, b_i, c_i ($i = 1,\ldots,4$) для схемы (10) определяются таблицей Бутчера:

c_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
c_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
c_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}
c_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}
	b_1	b_2	b_3	b_4

Для метода Рунге-Кутты 4-й степени точности она имеет следующий вид [4]:

0	0	0	0	0
1/2	1/2	0	0	0
1/2	0	1/2	0	0
1	0	0	1	0
	1/6	1/3	1/3	1/6

Таким образом, для интегрирования уравнений (1) – (3) с начальными условиями (6) сначала необходимо преобразовать их к виду (9). Затем требуется задаться шагом дискретизации по времени h и, используя итерационную формулу (10), вычислить значения k_i ($i = 1,\ldots,4$) на текущем n-м шаге и определить неизвестные x_{n+1} и $\dot{x}_{n+1}$ в момент времени t_{n+1}. Дальше остается лишь осуществить переход от них к искомым величинам – координатам y_{n+1} и скоростям $\dot{y}_{n+1}$ в момент времени t_{n+1} – с использованием (7) и (8).

Решение трансцендентных уравнений, определяющих моменты перехода между различными видами взаимодействия слоя материала с рабочими органами, осуществляется следующим образом. В качестве примера рассмотрим процесс решения уравнения для нахождения момента перехода t^* от вида взаимодействия 1.1 к виду взаимодействия 2.1 (см. рис. 2). В этот момент сила нормальной реакции N между нижним рабочим органом m_1 и нижней контактной поверхностью модели слоя m_{01}, определяемая выражением:

$$N = -c_{3y}(y_3 - y_1) - b_{3y}(y_3 - y_1), \tag{11}$$

обращается в нуль:

$$N(t^*) = 0. \tag{12}$$

С использованием численного метода решения уравнений движения (10) на каждой итерации определяется значение $N_n = N(t_n)$ в дискретные моменты времени t_n. Момент времени t_k, когда это значение станет отрицательным, является начальным приближением корня уравнения (12).

После указанных действий значение t^* находится с более высокой точностью. Для этого функция $N(t)$ интерполируется кубическим сплайном в некоторой окрестности точки t_k. Метод сплайн-интерполяции выбран исходя из того, что он приводит к хорошим результатам при интерполяции непрерывных функций с гладкими 1-й и 2-й производными. Интерполяционные узлы: N_{k-l}, …, N_k,…,N_{k+l-1}. Принято $l = 3$, т.е. используется всего 6 узлов. Искомый корень t^* функции $N(t)$ лежит в интервале $[t_{k-1}; t_k]$. Вход в сплайн принят гладким, т. е. кривизна сплайна на концах указанного интервала $[t_{k-l}; t_{k+l-1}]$ нулевая. Такой сплайн вычисляется с помощью следующего выражения [5]:

$$S_n(t) = M_{n-1}\frac{(t_n - t)^3}{6h_n} + M_n\frac{(t - t_{n-1})^3}{6h_n} + (N_{n-1} - M_{n-1}\frac{h_n^2}{6})\frac{t_n - t}{h_n} + (N_n - M_n\frac{h_n^2}{6})\frac{t - t_n}{h_n},$$
$$t \in [t_{n-1}, t_n], n = k - l + 1, ..., k + l - 1.$$

Здесь $h_n = t_n - t_{n-1}$ ($n = k–l+1,…,k+l–1$), а коэффициенты M_n определяются из системы уравнений:

$$h_{n-1}M_{n-1} + 2(h_{n-1} + h_n)M_n + h_nM_{n+1} = 6(\frac{N_{n+1} - N_n}{h_n} - \frac{N_n - N_{n-1}}{h_{n-1}}),$$
$$n = k - l + 1, ..., k + l - 2,$$
$$M_{k-l} = M_{k+l-1} = 0.$$

Нахождение уточненного значения величины t^* осуществляется поиском корня кубического полинома $S_n(t)$ на интервале $[t_{k-1}; t_k]$.

Отыскание моментов перехода от одних видов взаимодействия слоя материала с рабочими органами к другим, показанным на рис. 2, осуществляется аналогичным образом.

Применение совокупности описанных выше численных процедур позволило разработать программу с использованием пакета прикладных программ Matlab для расчета параметров вибротранспортирования слоя сыпучего материала и динамики его взаимодействия с двумя противофазно колеблющимися рабочими органами виброконвейера.

Литература

1. *Сизиков В. С.* Упруго-вязкая модель взаимодействия слоя сыпучей среды с двумя противофазно вибрирующими стенками виброконвейера / В. С. Сизиков // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 2(55). – С. 225–231.
2. *Исполов Ю. Г.* Численное решение задачи Коши для конечномерных математических моделей механических систем / Ю. Г. Исполов // Труды СПбГТУ. – 1993 – № 446. – С. 196–198.
3. Блехман И. И. Вибрационное перемещение / И. И. Блехман. – М.: Наука, 1964. – 412 с.
4. Моделирование и оптимизация динамических систем. Учебное пособие/ М. Г. Захаров, Ю. Г. Исполов, В. А. Полянский и др. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2010. – 201 с.
5. *Калиткин Н. Н.* Численные методы. / Н. Н. Калиткин. – М.: «Наука», 1978. – 512 с.

УДК 624.132.3.002.5

Владимир Павлович Чмиль, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: Chmil_vp@mail.ru

Vladimir Pavlovich Chmil, PhD of Teh. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Chmil_vp@mail.ru

ЗАЩИТА КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ КОЛЕСНЫХ МАШИН

PROTECTION OF CARDAN DRIVES OF WHEELED VEHICLES

Предложена предохранительная карданная муфта, снабженная цилиндрическим корпусом жидкостного демпфера. Корпус демпфера снабжен поршнем с проходными отверстиями, со штоком поршня жестко соединена ведомая полумуфта, с левой стороны в поршень ввернут ограничитель хода, на котором свободно установлен перекрывной клапан с жиклерами. В собранном состоянии полумуфты плотно прилегают своими полусферическими поверхностями, находясь под воздействием усилия пружины, отрегулированного на передачу расчетного крутящего момента трансмиссией при работе машины. Демпфирование ударной нагрузки хода «отдачи» при срабатывании предохранительной муфты снижает динамическую нагрузку на элементы трансмиссии. Это осуществляется тем, что жидкость из камеры демпфера продавливается через жиклеры в перекрывном клапане. Регулировка устройства на срабатывание под действием момента, превышающего расчетное значение, осуществляется регулировочной гайкой путем изменения усилия сжатия пружины.

Ключевые слова: трансмиссия, карданная передача, предохранительная карданная муфта, ведущая и ведомая полумуфты, жидкостной демпфер, поршень.

An overload cardan clutch is suggested which is equipped with a cylindrical housing of the liquid damper. The housing of the damper has a piston with body size holes. The rod of the piston is fixedly connected with the driven half-clutch. On the left side, a stop piece with a freely installed isolation valve with jets is inserted into the piston. When assembled, the half-clutches fit tight with their hemispheric surfaces under the spring pressure adjusted to transmit transmission design torque during the vehicle's operation. Damping of the shock stress of rebound stroke upon the operation of the overload clutch decreases dynamic load on elements of the transmission. This is due to the fact that the liquid from the damper box is pressed through the jets in the isolation valve. Adjustment of the device to react under the moment exceeding the design value is performed with an adjusting nut by changing the spring pressure.

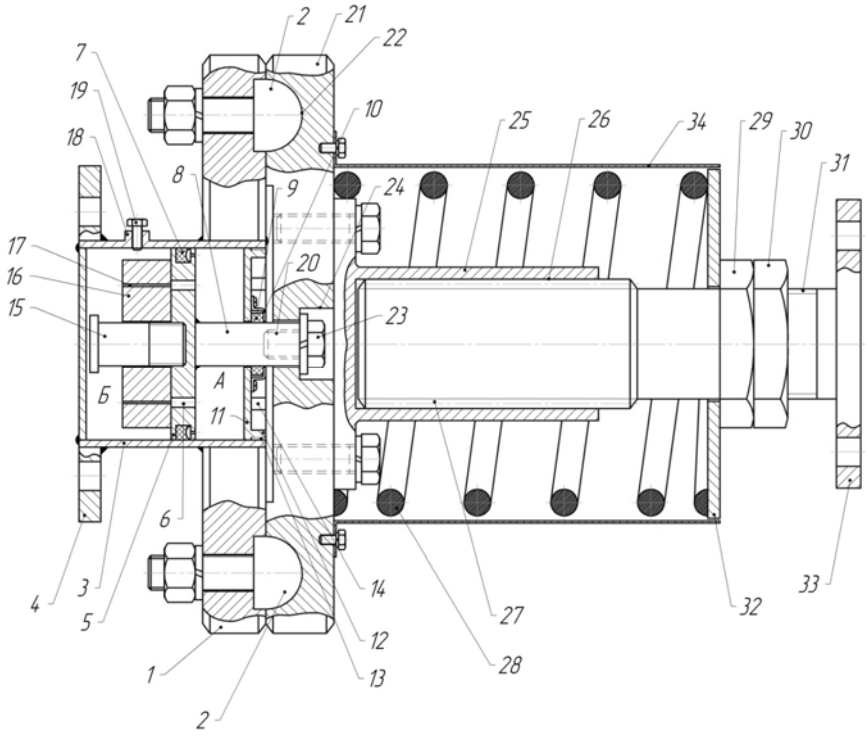
Keywords: transmission, cardan drive, overload cardan clutch, driving and driven half-clutches, liquid damper, piston.

В процессе работы фронтального погрузчика при упоре его ковша в препятствие происходит стопорение элементов трансмиссии при одновременном проскальзывании насосного лопастного колеса гидротрансформатора относительно неподвижного турбинного колеса в среде рабочей жидкости. Механическая энергия вращательного движения масс элементов трансмиссии при резком их замедлении выражается в инерционном моменте, нагружающем, в том числе, и валы карданной передачи. Суммарный инерционный момент в трансмиссии погрузчика состоит из инерционного момента турбинного колеса, валов и зубчатых колес механической коробки передач, валов карданной передачи, валов

и зубчатых колес главной передачи и собственно ведущих колес. Предохранительная карданная муфта защищает элементы трансмиссии погрузчика от перегрузки (наиболее уязвимы при этом игольчатые подшипники крестовин передачи) в результате упора ковша при работе в препятствие. Устройство устанавливается между коробкой передач и карданной передачей переднего моста, длина карданного вала при этом сокращается соответственно на габаритную длину устройства.

Первоначально рассмотрена карданная предохранительная муфта, содержащая две кулачковые полумуфты, одна из которых подпружинена и установлена с возможностью перемещаться в осевом направлении, отличающаяся тем, что полумуфта выполнена в виде ступицы с упругим элементом [1]. Недостатком данной предохранительной муфты является значительная ударная нагрузка элементов трансмиссии на ходе «отдачи».

Задачей конструирования являлось снижение динамической (ударной) нагрузки на элементы трансмиссии на ходе «отдачи», т. е. скорости нарастания усилия в контактной площади полумуфт под действием сжатой пружины. В ходе ее решения рассмотрен вариант исполнения предохранительной карданной муфты в виде пакета фрикционных дисков, сжатых двойной цилиндрической пружиной. Такая конструкция оказалась неприемлемой по массогабаритной характеристике при передаче требуемого крутящего момента. В результате, для защиты трансмиссии фронтального погрузчика предложена предохранительная карданная муфта с жидкостной пружиной, изображенная на рис. [2].



Общий вид карданной предохранительной муфты с силовой и жидкостной пружинами:
1 – ведущая полумуфта; 2 – кулачки (4 шт.); 3 – корпус жидкостной пружины; 4 – ведущий фланец; 5 – поршень; 6 – проходные отверстия поршня; 7 – самоподжимная манжета; 8 – шток; 9 – резиновое уплотнительное кольцо; 10 – крышка; 11 – правая торцевая крышка; 12 – полка правой крышки; 13 – резьбовой участок; 14 – выступы под зев ключа (4 шт.); 15 – ограничитель хода; 16 – перекрывной клапан; 17 – жиклер; 18 – заправочное отверстие в корпусе; 19 – резьбовая пробка; 20 – внутренний резьбовой участок; 21 – ведомая полумуфта; 22 – вогнутые полусферы (4 шт.); 23 – болт; 24 – глухое отверстие ведомой полумуфты; 25 – шлицевая ступица; 26 – вал; 27 – шлицевой участок вала; 28 – пружина; 29, 30 – регулировочная и контргайка; 31 – резьбовой участок вала; 32 – упорное кольцо; 33 – ведомый фланец; 34 – защитный цилиндрический колпак; А и Б – полости жидкостной пружины

Предохранительная карданная муфта работает следующим образом. В собранном состоянии полумуфты плотно прилегают своими полусферическими поверхностями («вы-

пуклость-впадина»), постоянно находясь под воздействием усилия пружины, отрегулированного на передачу расчетного крутящего момента трансмиссией при работе машины. При передаче крутящего момента на сферической контактирующей поверхности ведомой полумуфты возникает осевая сила. Эта сила стремится вывести ведомую полумуфту из зацепления с ведущей, преодолевая усилия их сжатия пружиной, силу трения в шлицевом соединении, силу гидравлического сопротивления жидкостного демпфера на ходе «сжатие» и силу трения на контактирующей поверхности полусферических тел кулачков и ведомой полумуфты. В результате заданного соотношения названных сил полумуфты должны постоянно находиться в зацеплении на ширине рабочего профиля полусферических кулачков, например, равного их радиусу. Так как ведомая полумуфта посажена на шлицы вала, то она имеет возможность перемещаться по ним на величину хода сферического кулачка, дополнительно сжимая пружину.

Регулировка устройства на срабатывание под действием момента, превышающего расчетное значение, осуществляется регулировочной гайкой путем изменения усилия сжатия пружины. При срабатывании устройства в момент отвода ведомой полумуфты 21 шток 8 перемещает поршень 5 вправо, сжатая в полости А рабочая жидкость перетекает в полость Б через проходные отверстия 6 поршня 5, перекрывной клапан 16 отведен давлением жидкости в крайнее левое положение на ограничителе хода 15. Гидравлическое сопротивление жидкостного демпфера 3 на ходе сжатия минимально.

При размыкании силового контура трансмиссии исчезает осевая сила, действующая на ведомую полумуфту 21, и она под действием усилия дополнительного сжатия пружины 28 опять входит в зацепление с кулачками 2 ведущей полумуфты 1. Для гашения нагрузки, возникающей в месте контакта кулачков на ходе «отдачи», служит жидкостной демпфер 3, перекрывной клапан 16 которого перемещается под действием давления жидкости к поршню 5, в результате чего жидкость из полости Б вытесняется в полость А через проходные отверстия 6, содержащие жиклеры 17 – отверстия с калиброванным диаметром и длиной, обладающих расчетным гидравлическим сопротивлением. В результате дросселирования рабочей жидкости через жиклеры 17 ход «отдачи» поршня 5, штока 8 и жестко соединенной с ним ведомой полумуфты 21 замедляется, кинетическая энергия удара за счет жидкостного трения преобразуется в тепловую энергию и рассеивается в пространстве. Свойство демпфирования встроенной жидкостной пружиной ударной нагрузки хода «отдачи» при работе карданной предохранительной муфты уменьшает динамическую нагрузку на элементы трансмиссии погрузчика.

Литература

1. Пат. РФ 62680, МПК F16D 7/04. Карданная предохранительная муфта / № 2006125998; заявл. 17.07.2006; опубл. 27.04.2007. – Бюлл. № 12.

2. Пат. РФ 123081, МПК F16D 7/04. Предохранительная карданная муфта / №2012129458; заявл. 11.07.2012; опубл. 20.12.2012. – Бюлл. № 35.

СЕКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.6-52

Сергей Александрович Воробьев, канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Кирилл Павлович Филиппов, студент магистратуры
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: svorobev@list.ru, 79992073760@yandex.ru

Sergey Aleksandrovich Vorobev, PhD of Tech. Sci.,
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Kirill Pavlovich Filippov, master's degree student,
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: svorobev@list.ru, 79992073760@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОТКАЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

MODELLING THE EFFECT OF TECHNICAL AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS ON THE INTENSITY OF VEHICLE FAILURES

В статье рассматривается разработанная автором модель влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств (АТС). Использование теории нечетких множеств при создании математической модели влияния величины значений технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов АТС позволит отразить величину влияния изменений условий эксплуатации на техническое состояние АТС. Модель можно рассматривать как пример отображения сложного процесса влияния технико-эксплуатационных характеристик на техническое состояние АТС, также она может служить основой для последующих исследований с целью детализации взаимосвязей между переменными.

Ключевые слова: интенсивность отказов автотранспортных средств, модели влияния технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов автотранспортных средств, математический аппарат нечетких множественных чисел, погрешности при определении статистики отказов, показатели статистики отказов автотранспортных средств.

The article considers the model of the effect of technical and performance characteristics on the intensity of vehicle (V) failures; the model has been developed by the author. The fuzzy sets theory applied when developing the mathematical model of effect of technical and performance characteristics on the statistics of vehicle failures will allow reflecting the influence of changes in operational conditions on the technical state of the vehicle. The model may be considered as an example of reflecting a complex process of effect of technical and performance characteristics on the technical state of the vehicle. Besides, it may also serve as a basis for the future studies of interconnections between the variables.

Keywords: intensity of vehicle failures, models of effect of technical and operational characteristics on the statistics of vehicle failures, mathematical apparatus of the fuzzy sets theory, errors in failure statistics, indicators of vehicle failure statistics.

В статье разработана авторская модель влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств (АТС) для практических расчетов на примере ее использования для прогноза количества внеплановых ремонтов автобусов пассажирской автоколонны.

Усовершенствование методов и средств контроля технико-эксплуатационных характеристик автотранспорта открывает новые возможности относительно повышения эффективности использования АТС и их эксплуатационного качества.

Во-первых, конкретизированный и уточненный контроль (мониторинг) технико-эксплуатационных характеристик позволяет получить информацию для разработки методов уточнения межремонтных интервалов, что в свою очередь дает возможность добиваться их оптимальных значений.

Во-вторых, современные методы контроля технико-эксплуатационных характеристик дают возможность аргументировать мероприятия, которые направлены на повышение равномерности распределения загруженности автобусов пассажирского парка, оставляя неизменными межремонтные периоды. Указанное подчеркивает необходимость развития направления исследований влияния эксплуатационных характеристик на техническое состояние автотранспортных средств.

В настоящее время имеются фрагментарные исследования в направлении учета влияния технико-эксплуатационных характеристик на техническое состояние узлов и систем автотранспортных средств [1].

При разработке модели был использован математический аппарат нечетких множественных чисел с целью учета влияния эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспорта. Литература [2] содержит описание разработки модели, которая учитывает влияние основных технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов АТС. Модель является примером упрощенного описания влияния эксплуатационных характеристик на техническое состояние автотранспорта. В данной статье представлена проверка погрешности и возможности использования предложенной модели.

Математическое моделирование и проверка на адекватность модели выполнены на примере использования разработанных решений пассажирской автоколонны с помощью программного пакета моделирования *MATLAB*, которое содержит специализированный редактор для работы с математическими моделями, построенными на базе теории нечетких множественных чисел (редактор *FIS*). При реализации модели в редакторе *FIS* определены четыре входные и одна исходная переменные, которые отображают среднее значение отобранных технико-эксплуатационных характеристик АТС. К входным переменным принадлежат «*M*» (уровень загруженности), «*V*» (средняя техническая скорость), «*B*» (коэффициент дорожных условий), «*L*» (пробег единицы автотранспорта).

Автором были построены функции принадлежности нечетких множеств соответствующие входным переменным (использовалась треугольные, трапециевидные, *S*-образные и *Z*-образные функции принадлежности) в среде *MATLAB Fuzzy Logic Toolbox*.

Исходная переменная «*P*» (количество внеплановых ремонтов, которое приходится на опорный период выполнения операций технического обслуживания АТС) сформирована в соответствии с фактическим количеством выполненных внеплановых ремонтов АТС, которые документируются в отчетах авторемонтного цеха.

В соответствии с определенными методами агрегирования подусловий, аккумуляции выводов и метода дефазификации, выбираются пункты описания модели (рис. 1).

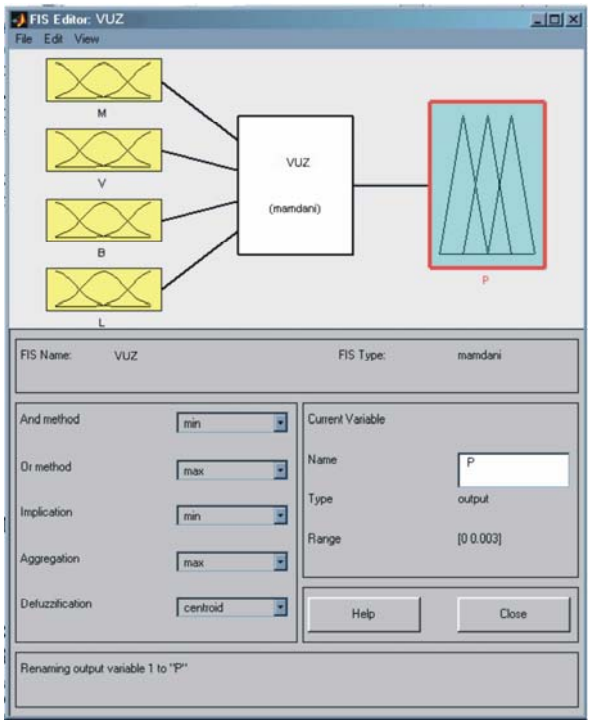


Рис. 1. Окно определения параметров модели

Правила формирования нечеткого вывода записываются в соответствии с условиями, сформулированными по 20 правилам для каждой функции принадлежности. В резуль-

тате компиляции модели отображено рабочее окно для определения входных и считывания исходной переменной (рис. 2).

Такой формат работы с разработанной моделью дает возможность проверить ее на адекватность, рассчитать погрешность, задав значение основных технико-эксплуатационных характеристик АТС за определенный период и сравнив расчетные данные статистики отказов автотранспортных средств с фактическим значением величины.

Для проверки выбран период с 2008 по 2011 г. эксплуатации автобусов пассажирской автоколонны. Входные данные определены в соответствии с годовыми средними значениями эксплуатационных характеристик АТС, результаты расчетов сравниваются с фактическими показателями статистики отказов автотранспортных средств за тот же период. Входные данные заданы с помощью окна работы с моделью (см. рис. 2).

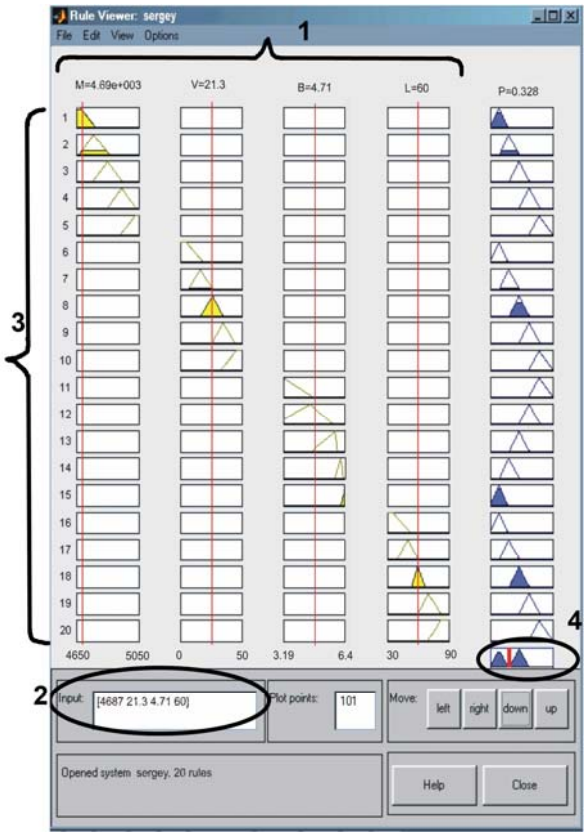


Рис. 2. Окно работы с переменными модели:
1 – функции принадлежности входных переменных; 2 – окно введения значений переменных; 3 – правила функционирования модели; 4 – формирование значения исходной величины

Существующие методы учета условий эксплуатации для идентификации фактического технического состояния даже при получении наиболее точных результатов исследований и расчетов не учитывают изменения технико-эксплуатационных характеристик. Исходя из этого, наиболее точным расчетным значением интенсивности отказов АТС при принятой системе ремонта является среднее значение показателя за исследуемый период.

То есть среднее значение коэффициента отказов АТС автоколонны за период с 2008 по 2011 г. является наиболее точным результатом, который может быть получен в результате использования существующих методов учета условий эксплуатации.

Сравнение среднего значения статистики отказа АТС за рассмотренный период с фактическим для каждого из периодов отдельно дает возможность получить значение погрешности существующих методов учета условий эксплуатации при определении интенсивности отказов транспортных средств. В результате сформировано сравнение разных способов получения информации об интенсивности отказов АТС.

Сопоставление результатов расчета ожидаемого годового количества отказов АТС с действительным значением количества внеплановых ремонтов за период с 2008 по 2011 г. показывает, что при максимальном значении погрешности 15 % среднее значение погрешности других расчетных периодов составило 4,04 %.

Значение среднего квадратичного отклонения расчетов коэффициента отказов Р в сравнении с расчетом той же величины с использованием методов других авторов почти на 2,1 меньше. Это указывает на достаточную точность модели и возможность ее использования для практических расчетов.

Для расчета среднего квадратичного отклонения разных методов определения статистики отказа АТС использовано выражение:

$$S = \sqrt{\sum_{\eta=1}^{\eta_{\max}} (P_{\text{мет}} - P_{\phi})^2}\ , \qquad (1)$$

где S – среднее квадратичное отклонение; $P_{\text{мет}}$ – расчетное значение коэффициента отказов, полученное с помощью использования определенного метода; P_{ϕ} – фактическое значение коэффициента отказов АТС; η – порядковый номер периода наблюдений; $\eta_{\max}$ – порядковый номер последнего периода наблюдения.

Выражение (1) дает возможность получить численную характеристику погрешности разных методов определения ожидаемой статистики отказов для сравнения полученных в работе результатов с существующими методами.

С использованием выражения (1) рассчитывается значение среднего квадратичного отклонения для трех случаев. $S_{\text{расч}}$ – отклонение, рассчитанное для случая использования данных, полученных с помощью разработанной модели, при этом значение $P_{мет}$ обозначим как $P_{\text{расч}}$. $S_{\text{сущ}}$ – отклонение, рассчитанное для случая использования существующих подходов к определению величины влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов АТС, при этом значение $P_{мет}$ обозначим как $P_{\text{сущ}}$. $S_{\text{док}}$ – отклонение, рассчитанное для случая использование паспортных данных из ожидаемой интенсивности отказов АТС, значения $P_{мет}$ обозначим как $P_{\text{док}}$. Результаты расчетов возведены в таблицу.

Таблица

Результаты расчетов погрешности при определении статистики отказов

	Период наблюдений, год				Среднее значение величины
	2008	2009	2010	2011	
Фактическое значение коэффициента отказов $P_{\text{ф}}$	0,520902	0,400134	0,552684	0,679866	0,53838
Расчетное значение коэффициента отказов $P_{\text{расч}}$	0,4866	0,4074	0,6378	0,6546	
Расчетное значение коэффициента отказов (существующие методы) $P_{\text{сущ}}$	0,53838	0,53838	0,53838	0,53838	
Расчетное значение коэффициента отказов (паспортные данные) $P_{\text{док}}$	0,25	0,25	0,25	0,25	
Среднее квадратичное отклонение расчетов $S_{\text{расч}}$	0,034302	0,007266	0,085116	0,025266	0,037988
Среднее квадратичное отклонение расчетов $S_{\text{сущ}}$	0,017478	0,138246	0,014304	0,141486	0,077879
Среднее квадратичное отклонение расчетов $S_{\text{док}}$	0,270902	0,150134	0,302684	0,429866	0,288397

Реализация и проверка на адекватность разработанной модели влияния технико-эксплуатационных характеристик на статистику отказов АТС выполнена с помощью специализированных программ, что дало возможность визуализировать результаты моделирования (рис. 3).

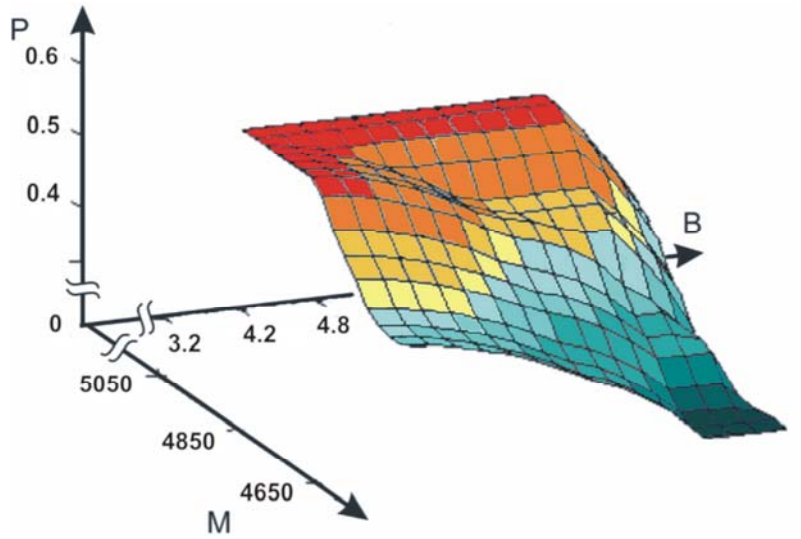


Рис. 3. Результаты моделирования при фиксированных параметрах V и L

Анализ результатов моделирования показывает соответствующее повышение величины, которая отображает количество отказов, которые приходятся на опорную величину пробега АТС при увеличении уровня загруженности или снижении коэффициента дорожных условий.

Для определения погрешности расчетов модели, для которой в результате моделирования получено значение коэффициента отказов за равные промежутки времени, допустимо рассматривать результаты моделирования с точки зрения часового ряда. В таком случае средняя относительная погрешность рассчитывается по формуле:

$$\gamma_{отн} = \frac{\sum_{k=1}^{N} \frac{(P_ф - P_{расч})}{P_ф} \times 100\%}{N}, \qquad (2)$$

где $\gamma_{отн}$ – средняя относительная погрешность результатов моделирования; N – количество периодов исследования.

В результате расчетов из выражения (2) получено 6,88 %, что позволяет сделать вывод о возможности использования модели для практических расчетов.

Выводы

Сравнение результатов расчета ожидаемого количества отказов на примере автоколонны с действительным значением количества внеплановых ремонтов за период с 2008 по 2011 г. дало возможность оценить погрешность модели влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств, которая составила 6,88 %. Значение среднеквадратичного отклонения расчетов интенсивности отказов P в сравнении с расчетом той же величины с использованием методов других авторов почти в 2,1 раза меньше. Модель можно рассматривать как пример отображения сложного процесса влияния технико-эксплуатационных характеристик на техническое состояние АТС, также она может служить основой для последующих исследований с целью детализации взаимосвязей между переменными [3].

Литература

1. *Якунин Н. Н.* Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации / Н. Н. Якунин. – М.: Машиностроение, 2003. – 178 с.

2. *Архипов С. Г.* Повышение эффективности технической эксплуатации городских автобусов за счет рациональной адаптации их к условиям маршрута движения: дисс. канд. техн. наук: 05.22.10 / С. Г. Архипов. – М., 1999. – 222 с.

3. *Воробьев С. А.* Моделирование влияния технико-эксплуатационных характеристик на интенсивность отказов автотранспортных средств / С. А. Воробьев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – Часть 3. – С. 70–78.

УДК 629.33:005.52–021.272

Вячеслав Филиппович Глазков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: tets@spbgasu.ru

Vyacheslav Filippovich Glazkov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: tets@spbgasu.ru

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

CONCEPT OF THE DEVELOPMENT OF THE INFRASTRUCTURE FOR NGV GAS STATIONS IN SAINT PETERSBURG

С целью выполнения Распоряжения Правительства РФ о переходе автомобильного транспорта на газомоторное топливо, в статье изложена концепция построения инфраструктуры автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНСК) в Санкт-Петербурге с перспективой на 2020 г. В основу концепции положен системный подход, предполагающий алгоритм решения данной задачи – определение объекта и цели исследования, массива исходных данных, гипотезы и математического аппарата ее реализации, анализа полученных результатов и критериев их оценки. Предложена расчетная модель инфраструктуры АГНСК в Санкт-Петербурге с географической привязкой ее по границам города и к основным транспортным и газораспределительным магистралям.

Ключевые слова: автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (ГНКС), газомоторное топливо (ГМТ), газомоторные автомобили (ГМА), ключевые потребители (КП), транзитные транспортные средства (ТТС), кольцевая автомобильная дорога (КАД).

To perform the Order of the Government of the Russian Federation on transition of the automobile transport to natural gas motor fuel, the article describes a concept for the development of the infrastructure for NGV gas stations (NGV GS) in Saint Petersburg with an outlook for 2020. The concept is based on a systematic approach that suggests an algorithm for solving this problem: to define the object and goal of the study, a set of source data, hypothesis and mathematical apparatus for its realization, analysis of obtained results and their estimation criteria. A calculation model for the infrastructure of NGV GS in Saint Petersburg is suggested with its geographical reference to the borders of the city and main traffic and gas-distributing arteries.

Keywords: natural gas vehicle gas station (NGV GS), gas motor fuel (GMF), natural gas vehicles (NGV), key consumers (KC), transit vehicles (TV), ring motorway (RMW).

Одной из ключевых проблем, стоящих перед человечеством в XXI веке, является поиск и внедрение альтернативных и эффективных источников энергии для удовлетворения потребностей современного общества. В полной мере решение этой проблемы относится к автомобильному транспорту, который является одним из основных потребителей энергетических ресурсов.

В этом аспекте применение ГМТ на основе компримированного природного газа представляется перспективным и по Распоряжению Правительства РФ [1] поставлена задача довести к 2020 г. использование ГМТ на 50 % всего автомобильного транспорта общего назначения. Экспертный анализ данного вопроса показал, что в Санкт-Петербурге наиболее остро стоит задача создания соответствующей инфраструктуры АГНКС, которая в настоящий момент практически неразвита и характеризуется своей недостаточностью, удаленностью от основных потребителей ГМТ и транспортных магистралей [2]. Таким

образом, назрела необходимость в разработке концепции построения эффективной инфраструктуры АГНКС города, свободной от указанных недостатков.

По масштабам и величине затрат сил и средств реализация данного проекта представляется весьма значимой. В основу его решения следует положить системный подход, который предусматривает следующий алгоритм последовательных действий: определение объекта и задачи исследования, массива исходных данных, гипотезы, способов и научного аппарата ее решения, анализ полученных результатов и критериев их оценки.

В частности, объектом исследования является инфраструктура АГНКС города. Она обладает внешними и внутренними характеристиками. К первым можно отнести число АГНКС, географию их дислокации, расстояния между ними, наличие подъездных путей к ним и т. д. Внутренние характеристики включают такие параметры как число постов заправки ГМТ, производственные возможности АГНКС, их пропускная способность, продолжительность заправки автомобиля, вероятность возникновения очереди на обслуживание и т. п.

В статье будут рассмотрены лишь вопросы, касающиеся оптимизации внешних характеристик инфраструктуры АГНКС.

Целью исследования является разработка концепции и построение эффективной инфраструктуры АГНКС для Санкт-Петербурга до 2020 г.

Массив исходных данных для решения поставленной задачи содержит сведения по числу и местам расположения ключевых потребителей ГМТ, динамике роста парка ГМА и их марочному составу, среднесуточным пробегам ГМА, коэффициентам выпуска их на линию, составу основных транспортных коммуникаций и транзитных потоков города, плотности движения по ним, числу ГМА, принадлежащих населению и т.д. При этом в ряде случаев при решении данной задачи следует сделать некоторые допущения и ограничения. Например, для личных ГМА надо ввести коэффициент сезонной эксплуатации /Кс=0,7/, а их среднегодовой пробег принять в пределах 20 тыс. км и т. д.

К ключевым потребителям ГМТ относятся автотранспортные предприятия, осуществляющие пассажирские и грузовые перевозки, а также выполняющие специальные работы. Тогда объем необходимого ГМТ для заправки *i*-х ключевых потребителей можно определить по выражению:

$$W_{kn_i} = \sum_{i=1}^{n} N_j \cdot L_j \cdot K_{B_i} \cdot q_j \cdot K_t, \text{ м}^3 \ , \qquad (1)$$

где N_j – число ГМА *j*-х марок у *i*-го потребителя, ед.; L_j – среднесуточный пробег этих ГМА, км; q_j – базовая норма расхода ГМТ на 1 км пробега, м^3/км; K_{B_i} – коэффициент выпуска ГМА на линию; K_t – коэффициент учитывающий увеличение расхода ГМТ при работе ГМА в городе с 5 млн населением / K_t = 1,35 /.

При расчете объемов потребления ГМТ транзитными транспортными средствами необходимо учитывать число основных магистральных линий в Санкт-Петербурге и интенсивность транспортных потоков на каждой из них с дифференциацией их по времени суток и грузоподъемности (вместимости) машин, возможность дозаправки ГМА на АГНКС, находящихся на подъездах к городу. Исходя из этого, необходимый объем ГМТ для заправки транзитного транспорта на *i*-х магистралях города можно оценить по формуле:

$$W_{TTC_i} = \sum_{i=1}^{n} N_j \cdot V_j \cdot K_{\text{оп}}, \text{ м}^3 , \qquad (2)$$

где N_j – годовой поток транзитных транспортных средств *j*-х ГМА, ед.; V_j – емкость газовых баллонов этих ГМА, м^3; $K_{\text{оп}}$ – коэффициент опорожнения газовых баллонов при подъездах к городу, принимаем равным 0,8.

Для ГМА личного пользования, принадлежащих населению, потребность в ГМТ можно определить по выражению:

$$W_{\text{мн}_i} = \sum_{i=1}^{n} N_{\text{мн}_i} \cdot L_c \cdot q_c \cdot K_t \cdot K_B \cdot K_c, \text{ м}^3, \quad (3)$$

где $N_{\text{мн}_i}$ – число личных ГМА по *i*-м районам города, ед.; L_c – среднегодовой пробег этих ГМА, км; q_c – базовая норма расхода ГМТ для ГМА среднего класса, м^3 / км; K_c – коэффициент, учитывающий сезонность эксплуатации личных ГМА.

Тогда совокупная потребность в объемах необходимого ГМТ для ГБА Санкт-Петербурга к 2020 г. составит:

$$W_{\text{сов}} = \sum_{i=1}^{n} W_{\text{кп}_i} + \sum_{i=1}^{n} W_{\text{ТТС}_i} + W_{\text{мн}_i}, \text{ м}^3. \quad (4)$$

Следующим шагом концепции построения инфраструктуры АГНКС является поиск математического аппарата для ее решения, в основе которого представляется возможным использование теории массового обслуживания. Классическим примером ее проявления является решение транспортной задачи с помощью симплекс-метода для определения, так называемых, «центров тяжести» [2; 3]. Под последними понимаются те географические координаты, где наиболее целесообразно разместить АГНКС с точки зрения минимизации плечей заправки от них до потребителей ГМТ.

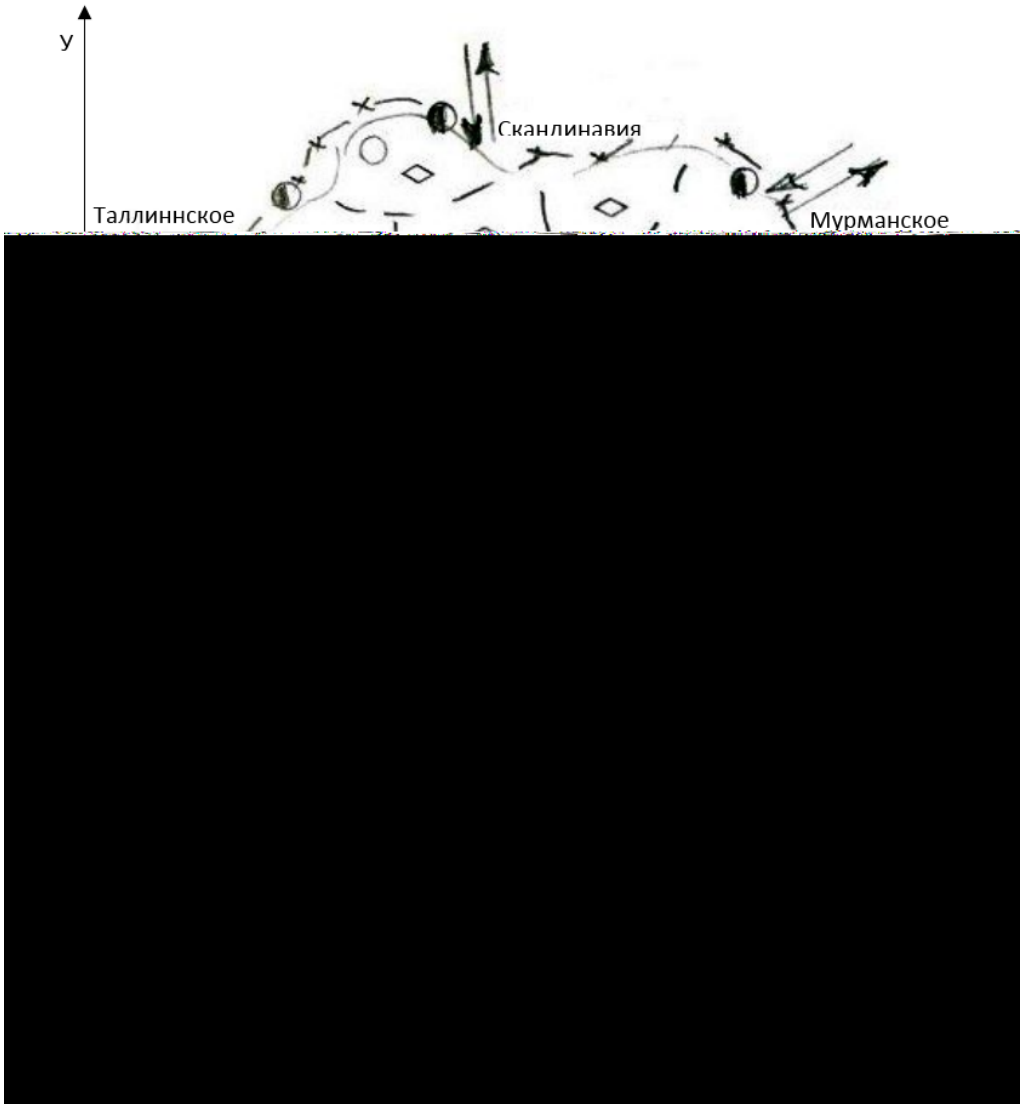
Исходными данными для решения указанной задачи являются состав потребителей ГМТ, география их расположения в границах города и годовые объемы необходимого ГМТ, рассчитанные по выражениям 1–4.

По результатам решения транспортной задачи можно определить географические координаты потенциальной инфраструктуры АГНКС, а затем конкретизировать ее реальную «привязку» по местности, исходя из условий максимального приближения к кольцевой автомобильной дороге и уже имеющейся сети магистральных газопроводов Санкт-Петербурга. Это позволит исключить проблему поиска «пятен» застройки для новых АГНКС у границ город и прокладку к ним соответствующих газопроводов, что даст несомненный и существенный выигрыш во времени и затратах материальных средств. В конечном счете, вариант решения поставленной задачи можно представить в виде графической модели инфраструктуры АГНКС в Санкт-Петербурге с соответствующей пояснительной запиской (рисунок).

Для оценки эффективности предложенной концепции построения инфраструктуры АГНКС в качестве критериев можно принять следующие показатели:

- уменьшение холостых пробегов ГМА для заправки ГМТ на АГНКС;
- отсутствие простоев ГМА при заправке ГМТ;
- снижение временных затрат на заправку ГМТ;
- нивелирование асимметрии расположения АГНКС относительно потребителей ГМТ.

Представленная концепция построения инфраструктуры АГНКС в Санкт-Петербурге будет способствовать успешной реализации распоряжения Правительства РФ по переводу автомобильного транспорта на ГМТ.



Графическая модель инфраструктуры АГНКС в Санкт-Петербурге

Литература

1. О регулировании отношений в сфере использования газомоторного топлива: распоряжение Правительства РФ от 13.5.13 г. № 767-Р. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146288/ (дата обращения: 03.06.2016).

2. *Вельниковский А. А.* Оптимизация инфраструктуры автомобильных газозаправочных компрессорных станций Санкт-Петербурга / А. А. Вельниковский // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6(53). – С. 185–190.

3. *Лунгу К. Н.* Линейное программирование / К. Н. Лунгу. – М.: Физматлит, 2005. – 128 с.

УДК 681.518.54.

Виталий Борисович Джерихов старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: tets@spbgasu.ru

Vitaly Borisovich Djerichov, Senior Lecturer
(Saint Petersburg University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: tets@spbgasu.ru

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ (ОЧИСТКА) ОТРАБОТАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

ELECTRO-MAGNETIC REGENERATION (PURIFICATION) OF SPENT OIL LUBRICANT

Процесс регенерации отработавших автомобильных смазочных масел производиться с целью очистки их от различных загрязнений. Автор предлагает применять метод очистки с помощью гидравлической электромагнитной установки марки ОМ-5758-ГОСНИТИ, принцип которой основан на циркуляции загрязненного масла через фильтрующую намагниченную насадку. Также в статье предложена методика производительности и времени очистки масел с использованием номограммы. Статья может быть полезна для преподавателей и студентов автодорожных факультетов, а также инженерно-технического состава, эксплуатирующего автотехнику.

Ключевые слова: регенерация, атмосферная перегонка, сернокислотная очистка, вакуумная перегонка, отбеливающая глина, электромагнитный фильтр, электросборник.

The process of regeneration of spent vehicle oil lubricants is performed to purify them from various contaminations. The author suggests to apply a method of purification with a hydraulic electro-magnetic unit of brand OM-5758-GOSNITI, the operating principle of which is based on circulation of contaminated oil through the filtering magnetized nozzle. The article also suggests a procedure for efficiency and time of oil purification using a nomographic chart. The article may be useful for professors and students of road transport departments as well as engineering and technical staff responsible for maintenance of vehicles.

Keywords: regeneration, atmospheric distillation, sulfuric acid refining, vacuum distillation, bleaching clay, electro-magnetic filter, electronic collector.

Масла с высокой степенью загрязнения, а также окисленные масла, отработавшие свой срок и неспособные удовлетворять требования, предъявляемые к ним, подвергаются **регенерации** на специальных установках [1].

Обычно регенерация отработавших масел включает физическую и химическую обработку, в результате которой из масла практически полностью удаляются суспендированные и растворенные инородные вещества, продукты сгорания и продукты, чувствительные к старению, а также присадки, сохранившиеся в масле.

Такие масла, после электромеханической очистки затем используются повторно.

Обычная регенерация представляет собой ступенчатый процесс (табл. 1).

Таблица 1

Обычная регенерация отработанных моторных масел [1]

Число ступеней	Назначение	Процесс
1	Грубое удаление воды и механических примесей	Осаждение
2	Удаление низкокипящих фракций и остатков воды	Атмосферная перегонка примерно до 250 °С
3	Удаление продуктов окисления и присадок	Сернокислотная очистка, с нейтрализацией известью
4	Удаление кислого гудрона	Слив, фильтрование
5	Разделение на дистилляты и остаток	Вакуумная перегонка (8-10 кПа)
6	Отбеливание и стабилизация фракций	Очистка отбеливающей глинной

В процессе очистки грубые механические примеси и инородные вещества в виде мелкой стружки, шламы или вода удаляется в процессе осаждения в отстойниках. Это позволяет отделять чистое масло от осадка.

Наиболее прогрессивным методом очистки масел в настоящее время стал метод с использованием с использованием электромагнитного фильтра, в котором сочетается простота и надежность работы [2].

Для осуществления этого метода стала применяться установка **ОМ-5758-ГОСНИТИ**, разработанная государственным научно-исследовательским технологическим университетом (г. Москва).

Эта установка непосредственно может быть предназначена для очистки не только моторных и трансмиссионных автомобильных масел, а также гидравлических, индустриальных, трансформаторных и веретенных масел.

Она представляет передвижную тележку, на которой монтируются: электромагнитный фильтр, баки для очистки масла, съемный электросборник, насосная установка, пневмонасос, электрошкаф, пневмоблок, барабан, трубопроводы, маслораздаточный кран и краны управления [3].

Оборудование установки обеспечивает выполнение технологических операций:

- заполнение бака заряженным маслом с использованием насоса;
- нагрев и очистка масла в баке установки;
- слив очищенного масла из бака;
- очистка масла непосредственно в картере ДВС или в другой посторонней емкости.

Таблица 2

Техническая характеристика установки

Наименование	Данные
Производительность, л/мин	10
Класс чистоты, не менее %	12–13
Мощность, кВт	7,1
Емкость баков, л -для очищенного масла -для промывочной жидкости	 150 15
Срок службы, годы	7
Габаритные размеры, мм	1560×1000×1120
Масса	260
Обслуживающий персонал, чел	1

Оборудование установки включает три системы: гидравлическую, электрическую и пневматическую [3].

Гидравлическая система (рис. 1) предназначена для приема загрязненного масла, очистки масла, выдачи очищенного масла и промывки фильтра. Система включает: маслосборник, баки для масла и промывочной жидкости, насосную установку, электромагнитный фильтр, пневмонасос, манометры, гидрораспределители, маслораздаточный кран, трубопроводы.

Нагрев масла осуществляется с помощью трубчатых электронагревателей, смонтированных в нижней части бака для масла. Включение нагревателей возможно только при достижении необходимого масла в баке. Температура масла поддерживается на уровне +50 °С автоматически, с режимом быстрого или медленного нагревания.

Электромагнитный фильтр (рис. 2) выполнен в виде цилиндрического корпуса, закрытого с верху крышкой с входным патрубком [4]. Выходной патрубок смонтирован в нижней части корпуса.

Снаружи корпуса размещена электромагнитная катушка, а внутри – на перфорированной пластине размещена фильтрующая намагничиваемая во внешнем поле насадка, в качестве которой используется железный порошок, частицы которого имеют размер 1–2 мм. Внутри насадки в неподвижном кожухе с входным и выходным окнами установлен шнек для ее перемещения. Вал шнека имеет радиальные пружинные лопатки, а кожух –

упоры для взаимодействия с ними. Между корпусом и крышкой размещена пластина с распределительными отверстиями. Конструктивное исполнение фильтра обеспечивает несменяемость насадки, возможность быстрого восстановления ее свойств.

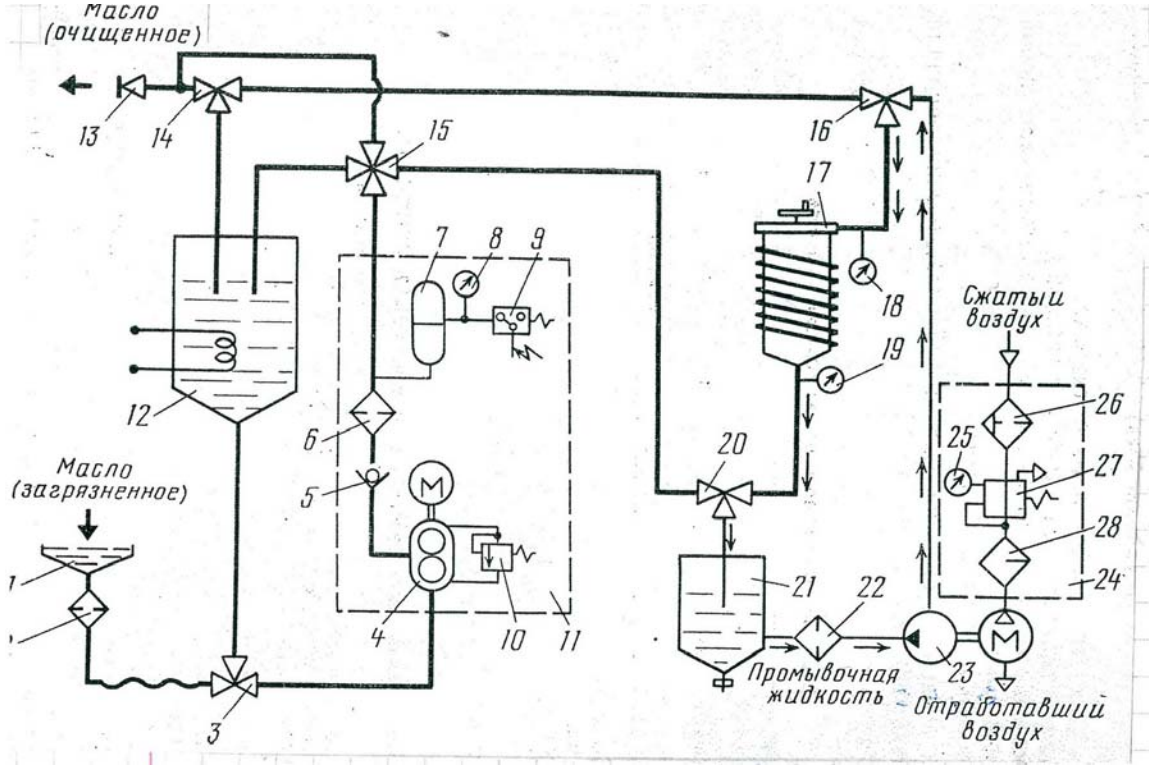


Рис. 1. Гидравлическая схема установки:
1 – маслосборник; 2 и 22 – фильтры грубой очистки; 3, 14, 15, 16, 20 – краны;
4 – насосный электродвигатель; 5 – обратный клапан; 6 – фильтр тонкой очистки;
7 – гидроаккумулятор; 8, 18, 19, 25 – манометры; 9 – реле давления; 10 – предохранительный клапан;
11 – насосная установка; 12 – бак для масла; 13 – маслораздаточный кран;
17 – электромагнитный фильтр; 21 – бак для промывочной жидкости; 23 – пневмонасос;
24 – пневмоблок; 26 – влагоотделитель; 27 – редукционный клапан; 28 – маслораспылитель

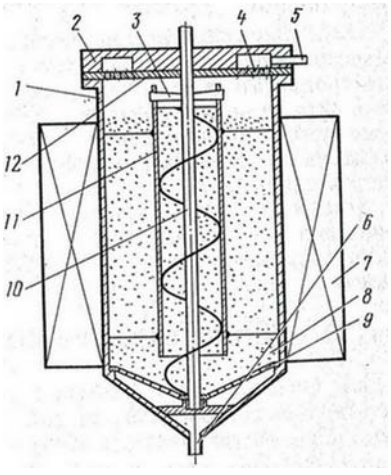


Рис. 2. Электромагнитный фильтр:
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – лопатки; 4 – распределительные отверстия; 5, 6 – патрубки; 7 – электромагнитная катушка; 8 – фильтрующая намагниченная насадка; 9 – перфорированная пластина; 10 – шнек; 11 – кожух; 12 – пластина

Электромагнитный фильтр отличается высоким качеством очистки и надежностью в работе. Смазочные свойства масла в процессе очистки значительно улучшаются, что позволяет производить безразборную промывку фильтра от загрязнений.

Очистка масел от механических примесей, как магнитных (соединений железа), так и немагнитных (соединений кремния, алюминия, меди) осуществляются путем циркуляции загрязненного масла через фильтрующую намагниченную насадку. Проходя через слой насадки жидкость очищается, а магнитные примеси задерживаются благодаря воздействию магнитного поля, а немагнитные – в результате фильтрации и объединения магнитных частиц захватываются в конгломераты. Степень загрязненности фильтра контролируется по переходам давления с помощью манометров. При полной загрязненности насадки насосная установка автоматически отключается.

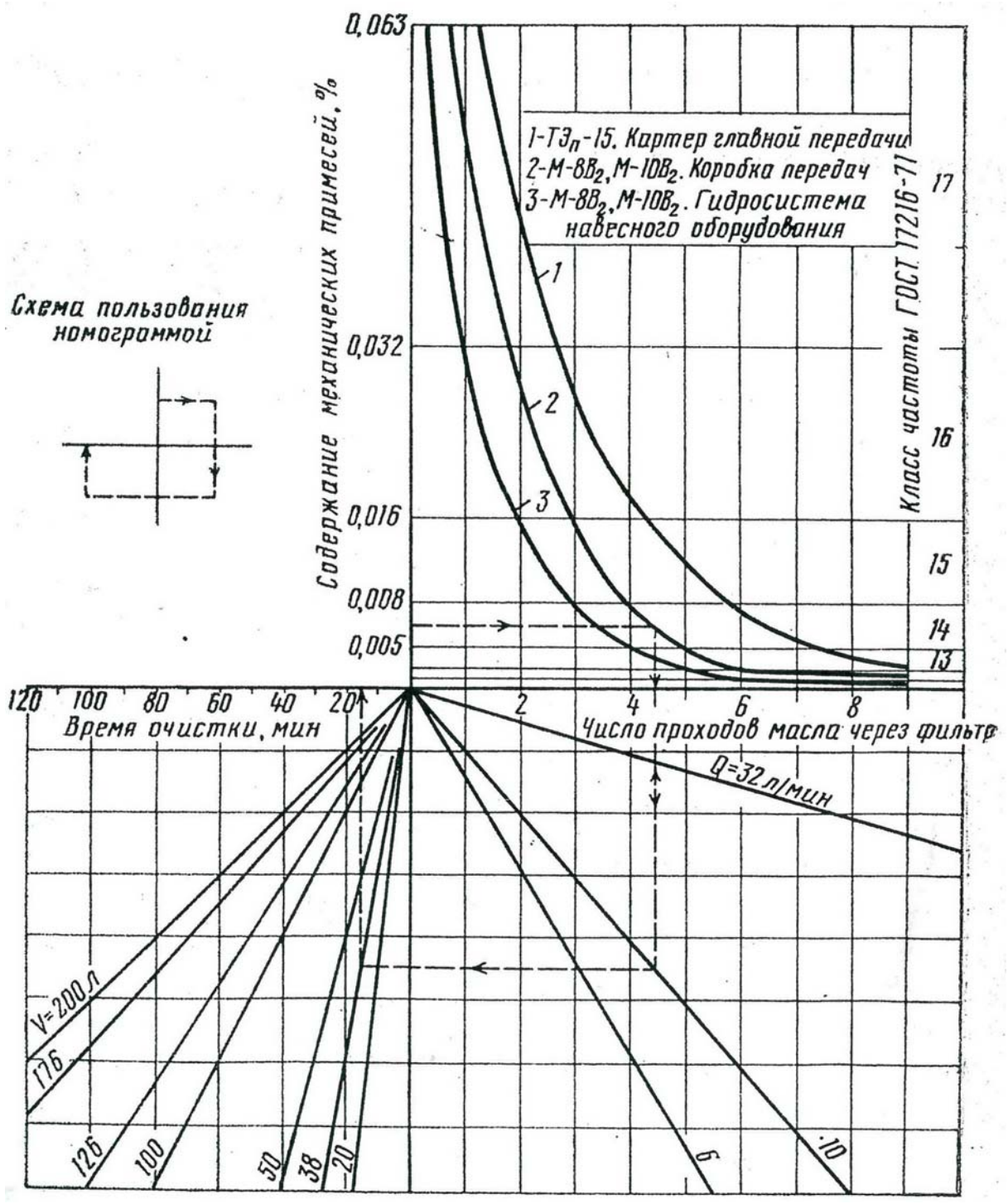


Рис. 3. Номограмма для определения времени очистки масла

При промывке фильтра внешнее магнитное поле отключается. Промывочная жидкость с помощью пневмонасоса пульсирующим потоком прокачивается через фильтр, разъединяя частицы насадки за счет импульсного выброса и воздействия струи жидкости. Одновременно для повышения качества очистки вручную приводиться во вращение шнек, обеспечивая перемещения насадки по всему объему.

Электрическая система установки служит для питания электрической энергией и управления работой всех электродвигателей, а также реле уровня масла. Электропитание осуществляется от сети переменного тока напряжением 380 В, с частотой 50 Гц., а для питания электромагнитной катушки фильтра используется постоянный ток напряжением 24 В.

Пневматическая система используется только для обеспечения пневмонасоса сжатым воздухом во время промывки фильтра. Рабочее давление в системе составляет 0,6–0,8 Мпа, а расход потребляемого воздуха – 30–50 л/мин.

Производительность процесса очистки масла до 12–13 класса чистоты в тоннах, определяется по номограмме (рис. 3) или по формуле:

$$T = \frac{V \cdot n}{Q}, \text{ мин},$$

где V – объем очищенного масла, л; Q – подача насоса, л/мин (Q = 10); n – число проходов объема очищенного масла через фильтр (n = 6-8).

Для облегчения эксплуатации установки на шкале уровнемера нанесена продолжительность очистки (в мин.), соответствующая объему загрязненного масла в баке установки [5].

В процессе эксплуатации установки фильтрующую намагниченную насадку электромагнитного фильтра необходимо периодически очищать от скапливающихся загрязнений. Фильтр считается полностью загрязненный, если перепад давления по показаниям манометров достигает 0,2–0,25 МПа [2].

Литература

1. *Кламан Д.* Смазки и родственные продукты / Д. Кламан. – М.: Химия, 1988. – 486 с.
2. *Кушнеренко К. Ф.* Технологические указания по очистке масел при техническом обслуживании трансмиссий и гидросистем / К. Ф. Кушнеренко. – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 10 с.
3. *Ленский А. В.* Электромагнитные фильтры для очистки масел / А. В. Ленский, А. П. Быстрицкая, Ю. А. Никанов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 6. – С. 18–21.
4. *Быстрицкая А. П.* Электромагнитный клапан для очистки масел / А. П. Быстрицкая, А. В. Ленский, Ю. А. Никанов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 7. – 47 с.
5. *Школьников В. М.* Товарные нефтепродукты. Свойства и применение / В. М. Школьников. – М.: Химия, 1989. – 472 с.

УДК 656.052

Татьяна Анатольевна Мешечко,
старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: meshechko@list.ru

Tatyana Anatolyevna Meshechko,
Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: meshechko@list.ru

МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ АВТОШКОЛ

METHODOLOGY FOR PROFESSIONAL CERTIFICATION OF TEACHERS AT DRIVER TRAINING CENTERS

Статья посвящена методике профессиональной аттестации педагогического состава образовательных учреждений, осуществляющих подготовку водителей автотранспортных средств. Указана необходимость внедрения организованного на научной основе профессионального отбора и аттестации для преподавателей автошкол. Предложены два уровня комплексной аттестации педагогических кадров, предполагающие предварительное и периодическое тестирование профессиональных знаний и личностных характеристик преподавателей автошкол. Представлен алгоритм определения профессиональной пригодности кандидатов на педагогическую деятельность в образовательных учреждениях дополнительного профессионального образования, включающий в себя различные виды контроля: предварительный, промежуточный и итоговый.

Ключевые слова: автошкола, безопасность дорожного движения, профессиональная подготовка, дополнительное профессиональное образование, профессиональная аттестация, подготовка водителей автотранспортных средств.

The article deals with the methodology for professional certification of teaching staff at training centers, which train motor vehicle drivers. A necessity to introduce professional selection and certification of teachers at driver training centers, based on a scientific approach, is noted. Two levels of complex professional certification of teaching staff that offer preliminary and periodic testing of professional knowledge and personal characteristics of teachers at driver training centers are suggested. An algorithm for determining the professional suitability of candidates for a teacher position at educational institutions of supplementary vocational education is presented. This algorithm includes various types of control: preliminary, intermediate and final.

Keywords: driver training centers, road traffic safety, vocational training, supplementary vocational education, professional certification, training of motor vehicle drivers.

Организованный на подлинно научной основе отбор и аттестация педагогического состава общеобразовательных учреждений по подготовке будущих водителей автотранспортных средств (АТС) является определяющим условием их обучения. Такой отбор представляет собой сложную, многогранную и комплексную проблему, результатом решения которой будет успешная реализация задачи национального масштаба – обеспечение безопасности дорожного движения на территории страны [1].

В настоящее время единая методика аттестации педагогического состава автошкол отсутствует, что существенным образом отражается на качестве подготовки будущих водителей автотранспортных средств. В тоже время опыт показывает, что до 70 % абитуриентов, поступающих на курсы подготовки преподавателей, имеют значительные пробелы в знаниях правил дорожного движения (ПДД), основ безопасности дорожного движения (БДД), устройства и технического обслуживания АТС; обладают издержками в логике изложения учебного материала, не могут продуктивно воздействовать на аудиторию, не имеют достаточной психологической культуры, испытывают затруднения с речевым аппаратом, не могут наладить должный контакт с обучаемыми.

Таким образом, без предварительного и затем периодического тестирования преподавательского состава невозможно представить его комплексную характеристику и профессиональную пригодность при обучении водителей АТС. Предлагаемая методика комплексной аттестации преподавателей предусматривает два уровня:

– первый уровень – определение профессиональной пригодности кандидатов на педагогическую деятельность при поступлении их на соответствующие курсы обучения;

– второй уровень – регулярная (с периодичностью в 3–5 лет) аттестация действующих преподавателей.

Для качественной оценки знаний обучаемых по программам подготовки преподавательского состава автошкол используются различные формы и методы контроля.

Под контролем подразумевают систему научно обоснованной проверки результатов обучения слушателей. Контроль как часть процесса подготовки квалифицированных специалистов позволяет выявлять достижения и недостатки учебной работы учащихся, являясь элементом обратной связи в системе «преподаватель – учащийся», на основе которой вносятся коррективы в работу преподавателя. Контроль позволяет также оценивать результаты деятельности преподавателя, инструктора по вождению, наметить пути устранения недостатков, анализировать и обобщать педагогический опыт [2].

Предварительный контроль проводится в основном с диагностической целью перед изучением новой темы или в начале обучения и знакомит с начальным уровнем подготовки учащихся.

Для поступивших на курсы подготовки преподавателей автошкол предусматривается предварительный (входной) контроль на знание ПДД, который осуществляется методом письменного опроса по билетам. Также на данном этапе предлагается проведение экспресс-тестирования наиболее важных моральных характеристик водителя-професси-

онала. Для тестирования преподавательского состава подобран ряд вопросов, раскрывающих такие личностные характеристики как уровень склонности к риску и вежливость.

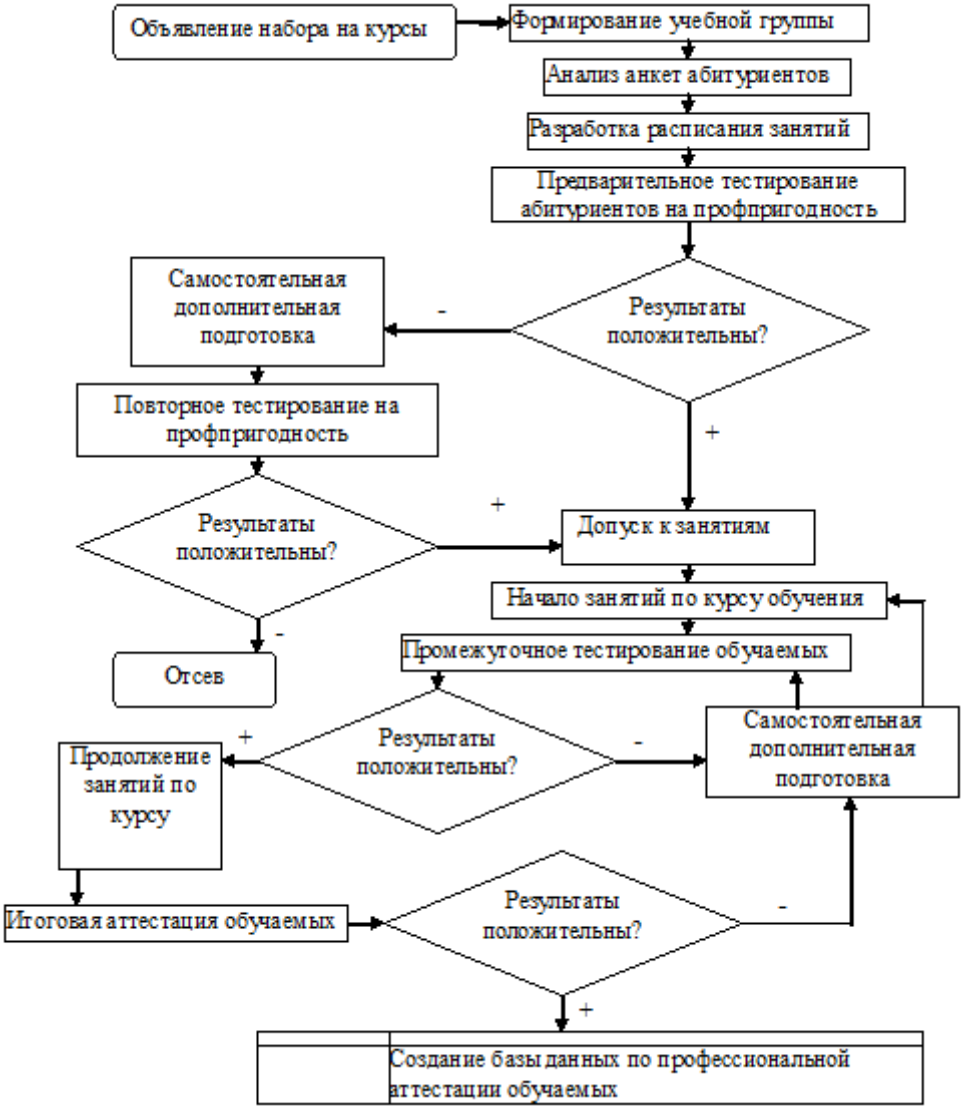
Промежуточный контроль обеспечивает выявление и оценку знаний и умений обучаемых, усвоенных при изучении ряда тем или разделов.

Для обучаемых по программе «Преподаватель-методист автомобильной школы» в качестве промежуточного контроля рекомендуется проверка знаний и умений по предмету «Методическая подготовка». Обучаемому предлагается составить план-конспект занятия по ПДД и изложить перед аудиторией один из учебных вопросов.

Итоговый контроль проводится в конце изучения предмета или всего курса обучения в форме экзаменов и зачетов. Его цель – проверка и оценка знаний и умений, необходимых преподавателю автошколы.

Квалификационный экзамен по окончанию курса обучения по программам подготовки преподавателя автошколы должен включать проверку знаний по таким предметам как «Безопасность дорожного движения» и «Методическая подготовка».

Алгоритм проведения профессиональной аттестации представлен на рисунке [3]:



Алгоритм профессиональной аттестации преподавателей автошкол

Создание единой методики аттестации персонала образовательных учреждений по подготовке водителей транспортных средств и единой базы данных преподавателей и ин-

структоров, прошедших аттестацию, позволит устранить те недостатки системы подготовки преподавательского состава автошкол, которые связаны с набором «случайных», не пригодных к подобной профессиональной деятельности людей, позволит снизить коррупционную составляющую в данной системе, повысит уровень подготовки преподавателей-методистов и мастеров практического обучения вождению.

Литература

1. *Шутылева Т. В.* Актуальные вопросы реформирования системы подготовки водителей транспортных средств / Т. В. Шутылева // Межрегиональная ассоциация автошкол. – 2015. – URL:http://www.maash.ru/index.php? option= com_content&view=article&id=495&Itemid=134 (дата обращения: 22.03.2016).

2. Общая и профессиональная педагогика: Учебное пособие для студентов педагогических вузов / под ред. В. Д. Симоненко. – М.: Вентана-Граф, 2006. – 368 с.

3. *Глазков В. Ф.* Методика профессиональной аттестации педагогического состава образовательных учреждений, осуществляющих подготовку водителей автотранспортных средств / В. Ф Глазков, С. А. Евтюков, С. С. Евтюков, Т. А. Мешечко. – СПБ.: ИД «Петрополис», 2015. – 96 с.

УДК 629.11

Виктор Гаврилович Назаркин, канд. техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: gavrilyc@mail.ru

Viktor Gavrilovich Nazarkin, PhD. of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: gavrilyc@mail.ru

НАУЧНЫЕ ЗНАНИЯ О РЕМОНТЕ МАШИН

SCIENTIFIC KNOWLEDGE ON CAR REPAIR

В статье рассматриваются вопросы исторического анализа ремонтных работ, формирования научных представлений о ремонте машин, вклад российских ученых в исследования в области ремонта машин, структура и связь теорий науки о ремонте машин. Исторический анализ показывает, что ремонт – это объективная категория общественного производства, а виды ремонта по своей сути исторически преходящи; ремонтные работы существуют с момента появления общественного производства и являются вторичными по отношению к работам по изготовлению изделий. Предметом науки о ремонте машин являются закономерности производственного процесса превращения неисправной или неработоспособной машины в исправную, т. е. фактически предметом являются закономерности ремонтного производства, цель которого восстановление меры потребительной стоимости.

Ключевые слова: ремонт, машины, наука, производство, амортизация.

The article considers issues of the historic analysis of repair works, formation of scientific notions about car repair, input of Russian scientists into studies in the field of car repair, structure and relations of scientific theories on car repair. The historic analysis shows that repair is an objective category of public production and the types of repair are transient historically. Repair works exist from the moment when public production appeared and are secondary in relation to the manufacturing work. The subject of the science on car repair is a consistent pattern of the manufacturing process aimed to turn a broken or non-operating car into an operable one, i. e., actually, the subject is a consistent pattern of the repair process, the goal of which is to restore the use value measure.

Keywords: repair, cars, science, manufacturing, depreciation.

На ранней стадии развития любой науки происходит накопление и анализ фактического материала, который приводит к установлению отдельных обобщений, гипотез и законов. Дальнейший прогресс науки характеризуется не только приведением в систему результатов полученного знания, но и введением более глубоких законов и гипотез, аксиом и постулатов, из которых стремятся логически вывести все ранее известные знания. В результате на зрелой стадии наука превращается в систему теорий, в рамках которых происходит синтез научного знания. Как правило, каждая наука включает в себя не одну, а несколько взаимосвязанных теорий [1].

Анализ происхождения научных знаний (от фактов до закономерностей) свидетельствует о неравномерном формировании знаний в различных областях, что позволяет эффективно использовать метод аналогий. При этом важное значение для каждой науки имеет обоснованное формулирование объекта и предмета науки. На определенной стадии развития возникает необходимость в интеграции научных знаний. Для современного этапа развития характерно появление таких интегрированных научных дисциплин как химмотология, трибология, синергетика, адгезиология и др.

Исторический анализ показывает, что ремонтные работы (исправление орудий труда, починка транспортных средств, ремонт часов, механизмов и т. д.) существуют с момента появления общественного производства и являются вторичными по отношению к работам по изготовлению изделий. Поэтому неизбежным и логичным оказывается метод сравнения этих работ, отремонтированной и изготовленной продукции. Необходимость в таких работах обусловлена экономическими соображениями, так как при ремонте восстанавливается лишь часть изделия, что экономичнее, чем изготовление нового. В дальнейшем термин «ремонт» применяется для пароходов, самолетов, автомобилей и других машин.

Большинство изобретателей машин XVIII в. были часовщиками [2]. Француз Николай Фордж, по профессии часовщик, в 1751 г. изобретает строгальный станок. И. П. Кулибин (1735–1816) в молодые годы занимался ремонтом часов, а затем стал сам их изготавливать, в дальнейшем он построил «самокатку». Фультон, изобретатель парохода, первоначально был часовщиком. Аркрафт – изобретатель прядильных машин – был цирюльником и вместе с тем часовых дел мастером по прозвищу «ноттингемский часовщик».

Ученые-экономисты в XVIII–XIX вв. обратили внимание на ремонт при рассмотрении экономических вопросов. А. Смит писал: «Расходы на ремонт часто могут оказаться необходимыми для получения как валовой, так и чистой ренты земледельца» [3].

Применение машин на фабриках и заводах также выявило необходимость их ремонта. Английский математик и экономист Ч. Баббедж писал: «Иногда необходимо ремонтировать машину и налаживать ее. Эта работа легче выполняется рабочим, который привык изготовлять такие машины, чем рабочим, который лишь управлял ее двигателем» [4]. В конце XIX в. английский экономист А. Маршал отметил, что машинное производство способствовало развитию ремонтного дела, так как появилась возможность изготавливать взаимозаменяемые детали, т. е. открылась эра «заменяемых деталей» [5].

В «Капитале» К. Маркс суммировал разрозненные данные о ремонте машин и его технико-экономической сущности: «Здесь речь идет не о ремонте средств труда, машин, зданий и т. д. Машина, которая ремонтируется, функционирует не как средство труда, а как материал труда. Не ею работают, а ее обрабатывают, чтобы устранить дефекты в ее потребительской стоимости» [6], а во втором томе «Капитала» в специальном параграфе «Составные части, замена, ремонт, накопление основного капитала» [7] изложены определенные положения по ремонту.

Большой вклад в формирование научных представлений о ремонте машин внесли совещательные съезды русских железных дорог. В период с 1879 по 1898 г. состоялось 20 таких съездов, на первых съездах председательствовал организатор ремонтного производства А. П. Бородин, который фактически стал неофициальным оппонентом по работам профессора Петрова Н. П., исследовавшего трение в машинах. Значительное исследование по ремонту паровозов и большим паровозным мастерским выполнил А. А. Павловский [8].

Интенсивное развитие автомобильного транспорта в начале XX в. обусловило необходимость обслуживания и ремонта автомобилей. Основателем автомобильного дела в России стал И. В. Грибов (1881–1945), который опубликовал одну из первых работ по ремонту автомобилей [9]. С 1933 г. профессор И. В. Грибов заведовал кафедрой в Военно-транспортной академии и читал курс лекций по ремонту автомобилей (г. Москва). Первым заведующим кафедрой по авторемонтному делу стал профессор В. Э. Вейрих (1892–1942),

опубликовавший в 1934 г. фундаментальный труд [10], в котором были заложены основы научной разработки вопросов ремонтного дела. Профессор, д.т.н. В. И. Казарцев (1903–1968) с 1945 по 1956 г. заведовал кафедрой ремонта автомобилей и тракторов Военно-транспортной академии (г. Ленинград), опубликовал ряд учебников, последнее издание вышло в 1961 г. [11]. Дальнейшее развитие теоретических и практических вопросов ремонта автомобилей было выполнено у профессоров В. А. Шадричева и К. Т. Кошкина [12; 13; 14]. Г. А. Малышевым была впервые предпринята попытка обобщить теоретические вопросы авторемонтного производства [15].

Первым степень доктора технических наук в области ремонта автомобилей получил В. В. Ефремов за разработку диссертации «Методика построения номенклатуры обслуживания и ремонта автомобилей на базе изучения износов их деталей».

В послевоенные годы начались интенсивные исследования в области ремонта машин, и прежде всего разработка диссертационных работ. В таблице приведены данные о ежегодной защите диссертаций по различным направлениям ремонта машин.

№/пп	Направление исследований	Количество ежегодно защищавшихся диссертаций (среднее число)	
		1940–1968гг.	1968–1972гг.
1	Теоретические основы, ремонтопригодность, долговечность	9	34
2	Восстановление деталей	9	37
3	Процессы ремонта машин	2	15,4
4	Организация и экономика	1,2	11,4
итого		21,2	91,8

Из таблицы видно преимущественно технологическое направление исследование вопросов ремонта машин в послевоенный период и незначительный объем исследований по организации и экономике ремонта. Это обусловлено отсутствием надежных методов экономической оценки организационных мероприятий производственно- технического характера. Позднее был разработан ряд докторских диссертаций экономического направления (А. Ф. Дергачев, Ю. А. Конкин, Р. М. Петухов, В. Г. Баер и др.).

Исторический анализ показывает, что ремонт – это объективная категория общественного производства, а виды ремонта по своей сути исторически преходящи; ремонтные работы существуют с момента появления общественного производства и являются вторичными по отношению к работам по изготовлению изделий.

На основе исторического и логического анализа ремонтных работ д.т.н., профессором Г. В. Мотовилиным [16] предложено рассматривать потребительскую стоимость машин с двух позиций: с точки зрения уровня и меры потребительской стоимости, а учитывая положения науковедения, выполненные исследования и практику ремонта, им рассмотрена наука о ремонте машин, включающая несколько теорий [17] (рис.1).

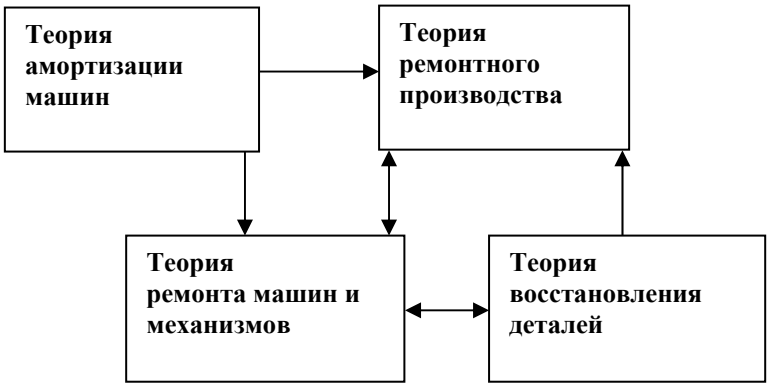


Рис. 1. Структура и связь теорий науки о ремонте машин

Предметом науки о ремонте машин являются закономерности производственного процесса превращения неисправной или неработоспособной машины в исправную, т. е. фактически предметом являются закономерности ремонтного производства, цель которого восстановление меры потребительной стоимости.

Теория амортизации основывается на том, что потребительная стоимость может быть измерена. Теория ремонтного производства базируется на основных положениях учения о производстве. Экономико-математическое выражение зависимости результатов производственной деятельности от обусловивших эти результаты показателей-факторов называют производственной функцией. Упрощенной производственной функцией, во многом отражающей сущность ремонтного производства является зависимость вида:

$$y = a_0 * x_1^{\alpha_1} * x_2^{\alpha_2},$$

где y – величина продукции (результативный показатель); x_1 – затраты труда (показатель-фактор); x_2 – объем производственных фондов (показатель-фактор).

Обычно y и x_2 измеряются в стоимостных единицах, x_1 – в человеко-часах или среднегодовом количестве работающих.

Величины a_0, α_1 и α_2 – это параметры производственной функции; их конкретные величины определяются на основе статистических данных с помощью корреляционных методов. В нашем случае соблюдается условие $0 < \alpha_i < 1$, где $i = 1$ или $i = 2$.

Ремонтные работы имеют как объективную, так и субъективную сторону, поскольку они выполняются не только естественными силами природы, а по воле и по плану человека, и с его участием используются силы природы.

Машина представляет собой единство противоположностей, однако диалектический закон единства и борьбы противоположностей предполагает превращение противоположностей при определенных условиях. Такими условиями в рассматриваемом случае являются ремонтные работы, позволяющие машине превратиться из предмета труда в средство труда. Полный цикл превращений машины можно представить схемой.

Из схемы видно, что в результате эксплуатации происходит отрицание машины как средства труда, а в результате ремонта осуществляется отрицание отрицания, т.е. отрицание машины как предмета труда.

Исходя из предмета науки о ремонте машин, теория ремонтного производства является центральной, а теория ремонта машин и механизмов и теория восстановления деталей составляют основу информационного обеспечения ремонтного производства.

Научные знания о ремонте машин относятся к области технических наук и носят системный характер. Переход к рыночным отношениям вносит некоторые новые моменты в научные знания о ремонте машин. Для рыночных отношений характерно саморегулирование, т.е. развитие на основе спроса и предложения, что можно рассматривать как самоорганизующийся процесс. Многие технологические процессы, применяемые в ремонтном производстве, основаны на принципах самоорганизации. Например, восстановление деталей электролитическими покрытиями с использованием саморегулирующих электролитов, отверждение олигомерных композиций и т. д. В целом, ремонт машин в общественном производстве можно рассматривать как элемент самоорганизации. Следовательно, дальнейшее развитие науки о ремонте машин должно проходить с учетом синергетического подхода.

Литература

1. *Рачков П. А*. Науковедение. Проблемы, структура, элементы / П. А. Рачков. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. – 258 с.
2. *Пипуныров В. Н*. История часов с древнейших времен до наших дней / В. Н. Пипуныров. – М.: Наука, 1982. – 264 с.
3. *Смит А*. Исследование о природе и источниках богатства народов. Т.1 / А. Смит; пер. с англ. – М.–Л.: ОГИЗ; Соцэктиз, 1935. – 258 с.
4. *Babbage Ch*. On the economie of machinery and manufactures / Ch. Babbage. – London, 1833. – 220 p.
5. *Маршал А*. Принципы политической экономии / пер. с англ. – М.: Прогресс, 1983. – С. 336–337.
6. *Маркс К., Энгельс Ф*. Сочинения. Т. 23 / К. Маркс, Ф. Энгельс; пер. с нем. – М.: Политиздат, 1988. – 318 с.
7. *Маркс К*. Капитал. Т.2 / К. Маркс; пер. с нем. – М.: Политиздат, 1988. – 364 с.
8. *Павловский А. А*. Современное русское паровозное хозяйство. Т. II. Большие паровозные мастерские / А. А. Павловский. – СПб., 1908. – 218 с.
9. *Грибов И. В*. Ремонт автомобилей. Автомобильные мастерские. Производство ремонта / И. В. Грибов. – М.–Л.: Госиздат, 1928. – 274 с.
10. *Вейрих В. Э*. Авторемонтное производство / В. Э. Вейрих. – Л.: ОПЛЗ; Гострансиздат, 1934. – 198 с.
11. *Казарцев В. И*. Ремонт машин / В. И. Казарцев. – М.–Л.: Сельхозиздат, 1961. – 242 с.
12. Технология авторемонтного производства / под ред. К. Т. Кошкина. – М.: Транспорт, 1969. – 272 с.
13. *Шадричев В. А*. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями / В. А. Шадричев. – М.–Л.: Машгиз, 1962. – 176 с.
14. *Шадричев В. А*. Ремонт автомобилей / В. А. Шадричев. – М.–Л.: Машгиз, 1965. – 182 с.
15. *Малышев Г. А*. Теория авторемонтного производства / Г. А. Малышев. – М.: Транспорт, 1977. – 214 с.
16. *Мотовилин Г. В*. Экономика ремонта боевых и транспортных машин / Г. В. Мотовилин. – Л.: ВАТТ, 1973. – 154 с.
17. *Мотовилин Г. В*. Восстановление армейской автомобильной техники / Г. В. Мотовилин. – Л.: ВАТТ, 1981. – 238 с.

УДК 656.9:656.07

Владимир Паскалев Николов,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Николай Иванович Веревкин, канд. техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: nikolov.spb@gmail.com; nverev-kin@lan.spbgasu.ru

Vladimir Paskalev Nikolov,
post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Nikolai Ivanovich Verevkin, PhD of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nikolov.spb@gmail.com; nverev-kin@lan.spbgasu.ru

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

BASICS OF THE METHODOLOGY FOR OPTIMIZATION OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF CITY BUSES

В статье поднят вопрос оптимизации эксплуатационных свойств городских автобусов, который должен быть решен на уровне транспортной системы в целом. В решение этой задачи положен методический подход, в котором транспортная система будет рассмотрена в разрезе транспортное средство – автотранспортное предприятие – транспортная инфраструктура города. Для решения поставленного вопроса определен ряд задач, а также алгоритм их решения. Приведена математическая модель, которая будет положена в основу решения. Представлены методики по определению коэффициентов математической модели в лабораторных условиях, а также проведения полноценного эксперимента в реальных условия.

Ключевые слова: параметр оптимизации, постоянная времени, коэффициент самовыравнивания, переходный процесс, топливная экономичность, переходная функция.

The article brings up an issue of optimization of performance characteristics of city buses, which shall be settled at the level of the traffic system in general. To solve this task, a methodological approach is used where the traffic system is viewed as “vehicle” – “vehicle fleet operator” – “city transport infrastructure”. To solve the presented problem, a set of tasks as well as an algorithm of their solution were defined. A mathematical model is described, which will serve as a basis of the solution. Methods to define coefficients for the mathematical model in a laboratory environment and conduct a full-fledged experiment in the real life conditions are described.

Keywords: optimization parameter, time constant, self-regulation coefficient, transition process, fuel efficiency, transition function.

Оптимизация эксплуатационных свойств городских автобусов всегда являлась не легкой задачей, которая осложняется тем, что она не ограничивается только анализом самих транспортных средств. Для полноценного решения этой задачи необходим анализ всей транспортной системы, которая включает в себя помимо транспортных средств, автотранспортные предприятия (АТП) и транспортную инфраструктуру города. Но для решения более масштабных задач необходимо упомянуть о том, что наименьшая единица транспортной системы является транспортное средство, именно оно – транспортное средство является основополагающим в формировании более высоких уровней, таких как АТП и транспортная инфраструктура. Поэтому фундаментом для решения вышеупомянутых задач будет анализ наименьшей единице транспортной системы и её характеристик – транспортное средство. Если говорить об эффективности решение поставленной задачи, то она будет зависеть не только от решения её здесь и сейчас, но также и от решения её в среднесрочной и дальнесрочной перспективе.

Определенное сочетание условий организации перевозок требует использования определенной модели подвижного состава, которая могла бы обеспечивать максимальную производительность и минимальную себестоимость перевозок. Таким образом, при выборе модели транспортного средства существует ряд ограничений (ограничение по максимальной скорости движения, максимальное ускорение-замедление, время пребывания на остановках, ограничение по выбросу отработавших газов в окружающую среду, ограничения по шуму, вибрациям и т. д.). Помимо ограничений, при обосновании выбора транспортного средства также необходимо учитывать внешние воздействия, влияющие на транспортное средство во время эксплуатации (характеристика маршрутной сети, особенности пассажиропотоков, дорожные условия, природно-климатические условия и т. д.). Для дальнейшего анализа требуется также учитывать главную особенность эксплуатации городских автобусов – цикличность движения, что повышает актуальность исследований переходных режимов. В связи с этой особенностью цикличность движения является краеугольным камнем в решении любых задач связанных с эксплуатацией городских автобусов.

В связи с этим, первой задачей (задача «здесь и сейчас»), которую необходимо решить является оптимальное использование уже имеющегося подвижного состава. Располагая данными изучения пассажиропотока на маршруте, выбирают рациональный тип автобусов и определяют необходимое количество автобусов по периоду суток. При выборе автобусов необходимой вместимости для определенного маршрута, учитывают различные характеристики (пассажиропоток и его особенности, интервалы движения, дорожные условия, транспортные условия, условия движения, себестоимость перевозок и т. д.). Исходя из этого, АТП должно обладать гибкостью в выборе подвижного состава. Для решения рассматриваемой задачи существует необходимость в разработке методики сравнительного анализа технико-эксплуатационных свойств городских автобусов с целью оптимального распределения подвижного состава в соответствии с особенностями транспортных средств, условиями маршрутной сети и особенностями предприятия.

Второй задачей (задача среднесрочной перспективы), которая требует решения это задача проведения сравнительного анализа транспортных средств удовлетворяющим нуждам АТП перед их покупкой. Крупнейшей (либо значительной) по стоимости частью основных фондов АТП является подвижной состав, отличающийся рядом характеристик

(цена, тягово-скоростные свойства, пассажировсместимость, топливная экономичность и т. д.). В конечном итоге выбор того или иного типа подвижного состава для осуществления перевозок определит затраты не только на его приобретение, но и эксплуатацию, а, следовательно, это отразится на прибыли и рентабельности предприятия. При анализе транспортных средств, особое внимание уделяется исследованию их тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и производительности как наиболее важных свойств для автомобильного транспорта, определяющих, в конечном итоге его конкурентоспособность. Исходя из этого, точкой отсчета в анализе любого транспортного средства будет являться двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Главной характеристикой ДВС городского автобуса является высокий крутящий момент доступный в нижнем диапазоне частоты вращения двигателя, что обусловлено требованиями к особым условиям движения по дорогам общего пользования (цикличность движения), так как массивный городской автобус не должен создавать помех более динамичным и маневренным участникам движения (легковой автомобильный транспорт). Как следствие, это требование ведет к увеличению количества переключений передач и повышенной утомляемости водителя, что может послужить причиной дорожно-транспортных происшествий. Исходя из этого, не менее важным фактором является простота и лёгкость управления городским автобусом, чем и обоснован выбор автоматической гидромеханической коробки переключения передач. Отсюда становится очевидным, что для сравнения транспортных средств перед покупкой необходимо проведение их анализа с учётом множества характеристик (ограничения, внешние воздействия, условия эксплуатации и т.д.), что является сложной математической задачей. Для решения этой сложной задачи можно будет воспользоваться методикой сравнительного анализа технико-эксплуатационных свойств городских автобусов упомянутой ранее, но уже с целью сравнения характеристик приобретаемых транспортных средств.

Третьей задачей (задача дальнесрочной перспективы) и самой масштабной, которая требует решения, является проектирование транспортной инфраструктуры в развивающихся городах. На затраты по техническому обслуживанию, ремонту и расход топлива маршрутных автобусов, работающих в условиях большого города, основное влияние оказывает средняя длина перегона (вес фактора 67–69 %), использование пассажировместимости (24–28 %) и плотность транспортного потока (4–6 %) [1]. Очевидно, что автомобили, работающие в более тяжёлых условиях эксплуатации, потребуют для обеспечения работоспособности больших трудовых и материальных ресурсов, а затраты на техническое обслуживание, ремонт, расход топлива автомобилей и себестоимость перевозок будет объективно выше. Наглядным примером корреляции длины перегона и расхода топлива городского автобуса может послужить статья «Экспериментально-аналитическое исследование эксплуатационных свойств городских автобусов» [2], что не оставляет сомнений в острой необходимости учета особенностей подвижного состава перевозчика при проектировании новых городских массивов. В качестве решения задачи требуется разработка методики анализа транспортной системы в целом, в разрезе транспортное средство – АТП – транспортная инфраструктура.

Максимального эффекта в оптимизации эксплуатационных свойств городских автобусов можно достигнуть только благодаря поэтапному решению комплекса задач, упомянутых ранее. Не стоит также забывать и про требования к самой методике, которыми будут являться доступность, малые сроки в решении поставленных задач, а также требуемая точность получаемых результатов. В нашем исследовании применим экспериментально-аналитический метод, который, являясь симбиозом, заключает в себя преимущества как экспериментального, так и аналитического методов. Высокая точность, короткие сроки получения данных и сведение к минимуму количества проводимых экспериментов вот преимущества экспериментально-аналитического метода. В дальнейшем, для решения поставленных задач воспользуемся кибернетическим подходом, основным принципом ко-

торого является принцип «черного ящика». Стоит сказать, что кибернетический подход обладает огромным потенциалом, благодаря которому появляется возможность решение задач различного масштаба и сложности, чем и определен его выбор. Как было сказано ранее, в начало наших исследований положим ДВС – дизель, а параметрами оптимизации будет являться его тягово-скоростные характеристики и топливная экономичность.

Решая эти задачи, в качестве основы воспользуемся методом определения тягово-скоростных характеристик двигателей, который был представлен в статье «Исследование динамических характеристик автомобильных дизелей» [3].

Для начала нам потребуется записать уравнение динамики двигателя:

$$T_д \frac{d\varphi}{dt} + K_д \varphi = h - \theta\rho \quad [4],$$

где $T_д$ – время собственно дизеля; $K_д$ – коэффициент самовыравнивания двигателя; φ – частота вращения коленчатого вала двигателя; h — положение рейки топливного насоса высокого давления; θ – коэффициент усиления по настройке потребителя; ρ – нагрузка двигателя.

Определяющими значениями в сравнении динамических характеристик двигателей являются: постоянная времени ($T_д$) и коэффициент самовыравнивания ($K_д$). Постоянная времени характеризует «инерционность» или «инерционное запаздывание» апериодического звена, [5] а безразмерный коэффициент самовыравнивания определяет чувствительность к восприятию внешней нагрузки.

Уравнение собственно дизеля является апериодическим звеном первого порядка [3], а его динамические свойства могут быть определены по его переходной функции. Переходная функция в свою очередь описывает переходный процесс на выходе звена, возникающего при подаче на его вход ступенчатого воздействия при величине скачка, равной единице 1(t) [5]. В нашем случае, ступенчатым воздействием будет являться ступенчатая подача топлива. Выходной величиной является частота вращения коленчатого вала φ.

Переходная функция примет вид:

$$\varphi(t) = K_д\left(1 - e^{-\frac{t}{T_д}}\right).$$

Для дальнейшего определения коэффициентов $T_д$ и $K_д$ необходимо решить систему уравнений для трёх значений φ, соответствующим трем моментам времени от начала переходного процесса, причем каждый последующий момент времени отсчитывается от предыдущего через равные промежутки времени. Исходя из того, что регулятор оказывает влияние на скорость изменение угловой скорости вращения коленчатого вала, то для определения коэффициентов необходимо выбирать значения φ в таком диапазоне частоты вращения двигателя, в котором регулятор не оказывает воздействие на подачу топлива.

Решив систему относительно $T_д$ получим:

$$T_д = -\frac{t_2 - t_1}{\ln\left(\frac{\varphi_3 - \varphi_2}{\varphi_2 - \varphi_1}\right)}.$$

Тогда уравнение для $K_д$ примет вид:

$$K_д = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{e^{-\frac{t_1}{T_д}} - e^{-\frac{t_2}{T_д}}}.$$

После того как были выведены формулы нахождения коэффициентов, необходимо провести эксперимент в лабораторных условиях, как для определения коэффициентов, так и для проверки всей математической модели в целом. После анализа полученных данных и положительном результате остается потребность в проведении полноценного эксперимента уже на линии с целью определения точности получаемых данных. Ранее проведение такого рода эксперимента осложнялось установкой на транспортное средство большого количества труднодоступного оборудования, а также сложностью в сборе и обработке полученных данных. На сегодняшний день, спутниковые навигационные технологии, на основе навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS, значительно облегчают сбор необходимых данных о работе транспортного средства, благодаря чему появляется возможность оперативного реагирования на изменения в условиях эксплуатации, что в результате ведет к оптимизации эксплуатационных свойств. Таким образом, спутниковые навигационные технологии являются мощнейшим инструментом любого современного АТП. Поэтому, последней по счету, но не по значимости является задача внедрения спутниковых навигационных технологий на предприятии, с помощью, которых можно получить огромный массив необходимой информации для более глубокого анализа его деятельности.

Для выполнения поставленных задач на начальном этапе необходимо приобрести минимально необходимый комплект оборудования с целью проведения полноценного эксперимента, но уже после того как будет проведен эксперимент в лабораторных условиях, определены коэффициенты математической модели, а также проведена проверка согласия расчетных и экспериментальных переходных функций.

Литература

1. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. – М., 2001. – 535 с.

2. *Веревкин Н. И.* Экспериментально-аналитическое исследование эксплуатационных свойств городских автобусов / Н. И. Веревкин // Доклады 71-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета: в 3 ч.; СПбГАСУ. – СПб., 2015. – Ч.2. – С. 83–86.

3. Исследование динамических характеристик автомобильных дизелей / Н. И. Веревкин, И. А. Петров, Л. И. Крепс, С. А. Ляпин // Двигателестроение. – 1988. – № 8. – С. 29–31.

4. Крутов В. И. Автоматическое регулирование и управление двигателем внутреннего сгорания / В. И. Крутов. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1989. – 416 с.

5. *Бесекерский В. А.* Теория автоматического регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб., 2003. – 752 с.

УДК 504.056:656

Николай Иванович Подольский, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: nikolay-podolskiy@yandex.ru

Nikolay Ivanovich Podolsky, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: nikolay-podolskiy@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ НОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ВРЕДНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

PECULIARITIES OF NORM SETTING AND CONTROL OF HARMFUL (POLLUTANT) SUBSTANCES IN THE AUTOMOBILE TRANSPORT

Негативное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду происходит от передвижных и стационарных источников, для которых устанавливаются нормативы ограничивающие выбросы и сбросы загрязняющих веществ, а также нормативы образования отходов. Для передвижных источников технические нормативы установлены техническим регламентом. Рассмотрены критерии, по которым определяется категория объекта. Для стационарных источников, имеющихся на объектах I и II категорий, норма-

тивы выбросов, сбросов загрязняющих веществ и нормативы образования отходов разрабатываются юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями по результатам производственного экологического контроля выполняемого ими, а устанавливаются Росприроднадзором. Для объектов III и IV категорий нормативы не устанавливаются.

Ключевые слова: норматив, объект, категория, загрязняющее вещество, негативное воздействие.

The negative effect of the automobile transport on the environment is due to movable and stationary sources for which emission and discharge limit values as well as waste generation norms are set. The technical regulations set technical norms for movable sources. Criteria to define the object category are considered. For stationary sources at the objects of categories I and II, emission and discharge limit values and waste generation norms are defined by legal entities and individual entrepreneurs on the basis of the results of industrial environmental control conducted by them and are set by the Federal Service for Supervision of Natural Resource Usage. No limit values and norms are set for the objects of categories III and IV.

Keywords: norm, object, category, pollutant substance, negative impact.

Федеральным законом РФ от 21.07.2014 № 219-ФЗ [1] внесены значительные изменения в ФЗ [2] и другие законодательные акты Российской Федерации в отношении нормирования в области охраны окружающей среды. До вступления в силу с 1 января 2019 г. пункта 16 статьи 1 ФЗ [1], все субъекты хозяйственной деятельности не зависимо от величины оказываемого ими негативного воздействия, должны получать разрешения раздельно на каждый его вид – выбросы, сбросы загрязняющих веществ, а также образования, использования, обезвреживания и размещения отходов. Изменения, внесенные в ФЗ [1], предусматривают дифференциацию всех субъектов в зависимости от величины негативного воздействия на окружающую среду и различные требования к ним, основные из которых рассмотрим применительно к автомобильному транспорту.

В федеральных законах [2; 3] рассматриваются требования области охраны окружающей среды при производстве и эксплуатации автомобильных и иных транспортных средств (ТС). Отмечается, что «юридические и физические лица, осуществляющие эксплуатацию автомобильных и иных оказывающих негативное воздействие на окружающую среду ТС, обязаны **соблюдать нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов,** а также принимать меры по обезвреживанию загрязняющих веществ, в том числе их нейтрализации, снижению уровня шума и иного негативного воздействия на окружающую среду» [2, с. 45] и «транспортные и иные передвижные средства, выбросы которых оказывают вредное воздействие на атмосферный воздух, подлежат регулярной проверке на соответствие таких выбросов **техническим нормативам выбросов**…» [3, с. 17].

То есть, когда речь идет о загрязнении окружающей среды от автомобильного транспорта, надо четко представлять, что имеется загрязнение окружающей среды от передвижных и стационарных источников. Все виды загрязнений окружающей среды (выбросы, сбросы, отходы производства) от деятельности юридических лиц (ЮЛ) и индивидуальных предпринимателей (ИП) регулируются и контролируются в соответствии с действующими нормативными документами.

Технические нормативы для ТС (передвижных источников) установлены техническим регламентом [4], и все субъекты хозяйственной деятельности, независимо от форм собственности, как ЮЛ, так и ИП, при производстве и эксплуатации и граждане при эксплуатации транспортных средств должны обеспечивать для таких средств непревышение этих нормативов выбросов. В процессе эксплуатации это должно обеспечиваться регулярностью проверок выбросов оксида углерода с отработавшими газами автомобилей оснащенных бензиновыми двигателями и двигателями, работающими на газовом топливе, на режиме холостого хода при двух частотах вращения коленчатого вала: минимальной и повышенной и дымности для дизельных двигателей на режиме свободного ускорения.

Нормативы допустимого воздействия (допустимых выбросов и сбросов) на окружающую среду от стационарных источников устанавливаются в **отношении объ-**

ектов используемых в хозяйственной и иной деятельности ЮЛ и ИП с целью предотвращения негативного воздействия данных объектов на окружающую среду.

Объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, в зависимости от уровня такого воздействия подразделяются на четыре категории [2, ст. 4.2].

Категории и критерии объектов [5], оказывающих негативное воздействие на окружающую среду приведены в табл. 1.

Таблица 1

Категории и критерии объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду

Категория объекта	Характеристика объекта (уровень воздействия)	Критерии отнесения объектов к соответствующей категории (Извлечения из [5])
I	Значительное негативное воздействие	1. Осуществление хозяйственной и (или) иной деятельности: а) по производству кокса; б) по добыче сырой нефти и природного газа, включая переработку природного газа; …… ы) связанной с обрабатывающим производством, на котором выполняются работы: по поверхностной обработке металлов и пластических материалов (с использованием электролитических или химических процессов в технологических ваннах суммарным объемом 30 куб. метров и более); …….
II	Умеренное негативное воздействие	2. Осуществление хозяйственной и (или) иной деятельности: …… н) связанной с обрабатывающим производством, на котором выполняются работы: по поверхностной обработке металлов и пластических материалов (с использованием **электролитических или химических процессов в технологических ваннах суммарным объемом менее 30 куб. метров**); по обработке поверхностей, предметов или продукции (с **использованием органических растворителей**, проектное потребление которых составляет менее 200 тонн в год); …… ч) по сбору, обработке и утилизации отходов в части, касающейся: хранения отходов производства и потребления I – III классов опасности; …….. обезвреживания отходов производства и потребления IV и V классов опасности (с проектной мощностью менее 3 тонн в час);
III	Незначительное негативное воздействие	4. Эксплуатация исследовательских ядерных установок нулевой мощности, радиационных источников, содержащих в своем составе только радионуклидные источники четвертой и пятой категорий. 5. Осуществление хозяйственной и (или) иной деятельности, не относящейся к деятельности I, II и IV категории объектов и не соответствующей уровням воздействия на окружающую среду, объектов IV категории.
IV	Минимальное негативное воздействие	6. Наличие одновременно следующих критериев: а) наличие на объекте стационарных источников загрязнения окружающей среды, масса загрязняющих веществ в выбросах в атмосферный воздух которых не превышает 10 тонн в год, **при отсутствии в составе выбросов веществ I и II классов опасности, радиоактивных веществ**; б) **отсутствие сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод в централизованные системы водоотведения, другие сооружения и системы отведения и очистки сточных вод,** за исключением сбросов загрязняющих веществ, образующихся в результате использования вод для бытовых нужд**, а также отсутствие сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.** …… ……

Объекту, оказывающему негативное воздействие на окружающую среду, присваивается соответствующая категория при его постановке на государственный учет (федеральный или региональный реестр) объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду на основании документов предоставляемых ЮЛ и ИП в территориальный орган Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор).

Нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ, а также нормативы образования отходов (от стационарных источников) **для** ЮЛ и ИП, осуществляющих хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I, II и III категорий, **предусматривается устанавливать Росприроднадзором**, на основании заявки [6] о постановке объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, на государственный учет.

Сведения о количестве и составе выбросов в атмосферный воздух (отдельно по каждому загрязняющему веществу от каждого источника, о выпусках и сбросах сточных вод (отдельно по каждому выпуску (сбросу) в рамках объекта, о размещении отходов производства и потребления (для каждого объекта размещения отходов – фактическая масса, класс опасности и код в соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов [7]) указываемые в заявке, хозяйствующий субъект получает по данным инвентаризации выбросов, сбросов, отходов производства и потребления, проведение которой предусмотрено производственным экологическим контролем.

За негативное воздействие на окружающую среду с ЮЛ и ИП взимается плата за:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками;
- сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- хранение, захоронение отходов производства и потребления.

В табл. 2 приведены требования по выполнению мероприятий и определению нормативов, а также наличие комплексного экологического разрешению и декларации о воздействии на окружающую среду. Требования, отмеченные в графах 3, 4, 5, 6 и 7 табл. 2, в соответствии с [1], ЮЛ и ИП обязаны выполнять с 1 января 2019 г.

Рассматривая критерии объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (см. табл. 1) можно сделать вывод, что предприятия автомобильного транспорта, как объект, могут относиться ко II , III, и IV категориям в зависимости от выполняемых работ. Например, если используется органический растворитель для обработки поверхностей (окрасочные работы) с потреблением менее 200 тонн, то объект относится ко II категории и разрешительной документацией на выбросы в этом случае может быть комплексное экологическое разрешение или декларация (см. табл. 2).

Для объектов III категории разрешительная документация на негативное воздействие на окружающую среду не требуется, но данные по выбросам, сбросам и образованию отходов на предприятии должны иметься, так как предусматривается проведение производственного экологического контроля и по его результатам определяется платежная база за негативное воздействие на окружающую среду.

Как видно из табл. 2, ЮЛ и ИП, ведущим деятельность на объектах IV, категории не требуется выполнение каких-либо условий, предусмотренных графами 6–8. Кроме этого, надо отметить, что в отношении ЮЛ и ИП, осуществляющих любой вид деятельности на объектах IV категории, не предусмотрено проводить плановые проверки.

Таблица 2

Мероприятия и документация, необходимые для установки нормативов воздействия на окружающую среду от стационарных источников на объекты различных категорий

Категория объекта	Производственный экологический контроль	Нормативы допустимых выбросов и сбросов (предельно допустимые выбросы и сбросы)	Нормативы образования отходов.	Комплексное экологическое разрешение	Декларация о воздействии на окружающую среду	Технологические нормативы выбросов	Платежная база для платы за негативное воздействие на окружающую среду
1	2	3	4	5	6	7	8
I	+	+ (По данным графы 5)	+ (По данным графы 5)	+	-	+	+ (По данным графы 2)
II	+	+ (По данным графы 6)	+ (По данным графы 6)	Вправе получить	+	-	+ (По данным графы 2)
III	+	- (Отчетность о выбросах и сбросах в уведомительном порядке)	- (Отчетность об образовании, использовании, обезвреживании, о размещении отходов)	-	-	-	+ (По данным графы 2)
IV	-	-	-	-	-	-	-
«+» – обязательное выполнение; «-» – не требуется.							

Литература

1. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=191902 (дата обращения: 19.03.2016).

2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=183341 (дата обращения: 19.03.2016).

3. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 04.05.99 № 96-ФЗ. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=183029 (дата обращения: 19.03.2016).

4. О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (вместе с «ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств»): Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877 (ред. от 14.10.2015). – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=190104 (дата обращения: 19.03.2016).

5. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: постановление Правительства РФ от 28.09.2015 № 1029. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=186693 (дата обращения: 19.03.2016).

6. Об утверждении формы заявки о постановке объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, на государственный учет, содержащей сведения для внесения в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в том числе в форме электронных документов, подписанных усиленной квалифицированной электронной подписью: приказ Минприроды

России от 23.12.2015 № 554; зарегистрировано в Минюсте России 05.02.2016, № 40963. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=193701 (дата обращения: 11.02.2016).

7. Об утверждении федерального классификационного каталога отходов: приказ Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445 (ред. от 20.02.2016); зарегистрировано в Минюсте России 01.08.2014, № 33393. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=195272 (дата обращения: 19.03.2016).

УДК 629. 017

Александр Владимирович Попов, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: tets@spbgasu.ru

Alexander Vladimirovich Popov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil engineering)
E-mail: tets@spbgasu.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СМАЗЫВАЮЩИХ СВОЙСТВ ОБВОДНЕННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

UPGRADING PARAMETERS OF LUBRICATING PROPERTIES OF WATERCUT ENGINE OILS

В работе представлены результаты исследования смазывающих свойств моторных масел компании «Лукойл» SAE 10W-40 API SF/CC, минерального и синтетического.

Масла предварительно были насыщены антифризом марки Vektor A-40 до объемов, не превышающих допустимых для воды. За допустимое количество принято 0,02 % объема.

Проведено сравнение изменения смазывающих свойств минерального и синтетического масел при загрязнении до 0,02 % антифризом.

Целью исследования являлось определение доли объема свежего масла, вводимого в обводненное, до восстановления параметров момента трения.

Исследовательской установкой служит машина трения МИ-1М с парой трения ролик – ролик.

По изменению момента трения загрязненных масел по сравнению с эталонными определялся объем добавки свежего масла.

Ключевые слова: смазывающие свойства, моторное масло, антифриз, машина трения, момент трения.

The article presents the study results for lubricating properties of mineral and synthetic engine oils SAE 10W-40 API SF/CC manufactured by “Lukoil” company.

The oils were preliminary saturated with an antifreezing agent of brand Vektor A-40 to the volumes not exceeding the ones permitted for water. The permissible amount was taken as 0.02% of the volume.

The changes of lubricating qualities of the mineral and synthetic oils were compared in the conditions when contamination with the antifreezing agent reached up to 0.02%.

The goal of the study was to define the fraction of bulk volume of fresh oil introduced into the watercut oil until friction torque parameter recovery.

The studied device was a frictional testing machine MI-1M with friction couple “roller–roller”.

The volume of fresh oil additive is calculated by the change of the friction torque of the contaminated oils compared to the reference oils.

Keywords: lubricating properties, engine oil, antifreezing agent, frictional testing machine, friction torque.

Присутствие воды в работающих маслах объясняется следующим рядом причин: попаданием из камеры сгорания вместе с прорывающимися газами (при сгорании 1 кг топлива образуется 1,2…1,4 г воды); возможным проникновением в картер из системы охлаждения; из-за конденсации влаги в случае резкого снижения температуры двигателя при его охлаждении.

Механизм попадания воды в холодное время года в масло примерно таков. В воздухе всегда присутствует некоторое количество воды. Так, если точка выпадения росы 0 °С – 4,9 грамма на метр кубический, если 90 °С – то уже 417 грамма. Температура 90 ° взята не случайно – ведь это примерная температура прогретого двигателя (здесь принято определенное допущение – такое количество влаги воздух содержит при влажности 100 %, т. е. совпадает с точкой выпадения росы) [1].

Главным образом, попадание воды в масло вызывает повышенное отложение шламов, которые оседают в полостях двигателя (рис. 1).

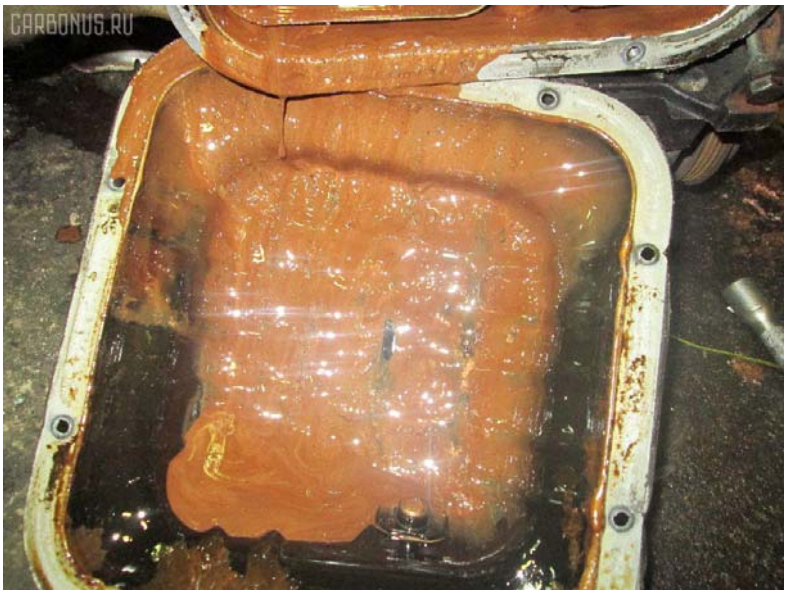


Рис. 1. Эмульсия моторного масла с водой в поддоне двигателя

Сначала образуются устойчивые эмульсии, которые усиливают эффект полимеризации молекул масла. Взаимодействие оксикислот и продуктов окисления масла с водомасляными эмульсиями и приводит к образованию шламов. Это нерастворимые смолистые отложения, избавляться от которых придется долго и упорно. Плюс вода отрицательно влияет на прочность масляной пленки со всеми вытекающими последствиями. Влияние воды на минеральное и синтетическое моторное масло примерно одинаково [1; 2].

Рис. 2. Отложения шламов на деталях двигателя

Существует ряд методов обезвоживания моторного масла.

На промышленных установках обычно используются термохимический, термический и электрический методы, их комбинации, а так же холодный отстой с применением химических реагентов [3].

С точки зрения организаций, эксплуатирующих автомобильный транспорт, наибольший интерес представляют методы нелабораторного восстановления смазывающих свойств моторных масел [4].

С этой целью было выполнено экспериментальное исследование изменения смазочных свойств моторных масел методом добавления чистых долей.

Испытание образцов масел осуществлялось на машине для оценки антифрикционных свойств материалов МИ-1М по схеме «диск по диску». Этот режим, согласно статистическим данным, максимально соответствует реальным условиям эксплуатации узлов трения в большинстве случаев. Моменты трения определялись при значениях механических нагрузках от 45 до 80 кгс•см. В качестве образцов пар трения использованы диски диаметром 16 мм из стали 45 без термообработки.

Первоначально были использованы образцы чистого масла марки «Лукойл» минеральное SAE 10W-40, синтетическое SAE 10W-40 и образцы тех же масел с добавлением 0,02 % воды.

Результаты измерений проб чистых масел и обводненных представлены на рис. 3 и 4.

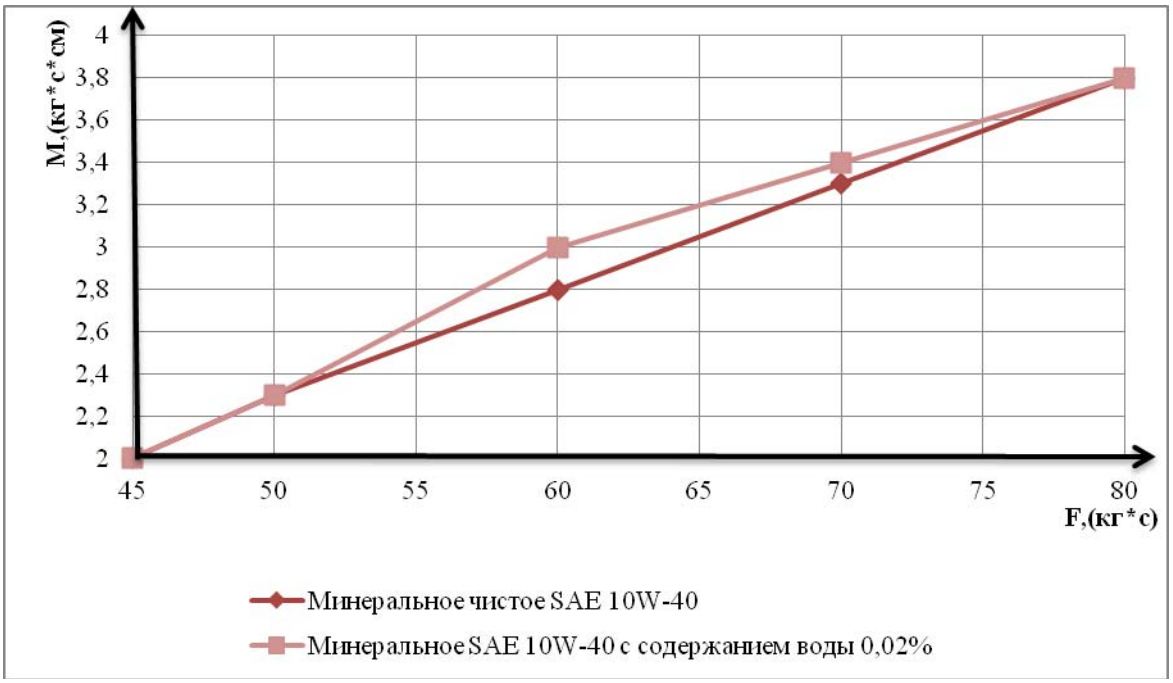


Рис. 3. График изменения момента трения от нагрузки минерального масла SAE 10W-40

Исследование метода добавления чистых объемов масел в минеральное и синтетическое масло SAE 10W-40 с присутствием 0,02 %воды осуществлялось добавлением в пробирку 0,02 % чистого масла от общей массы. После перемешивания получившийся состав подвергался испытанию и снимались показания. По результатам измерений был построен график, рис. 5.

По результатам исследований можно сделать вывод:

- моторное масло с содержанием воды 0,02 % пригодно для использования, так как соответствует требованиям ГОСТ 2477;

- на основе приведенных данных, эксплуатацию обводненного масла можно продлить путем добавления доли чистого.

На основании экспериментов можно рекомендовать минимально допустимым добавление 2 % чистого моторного масла в обводненные.

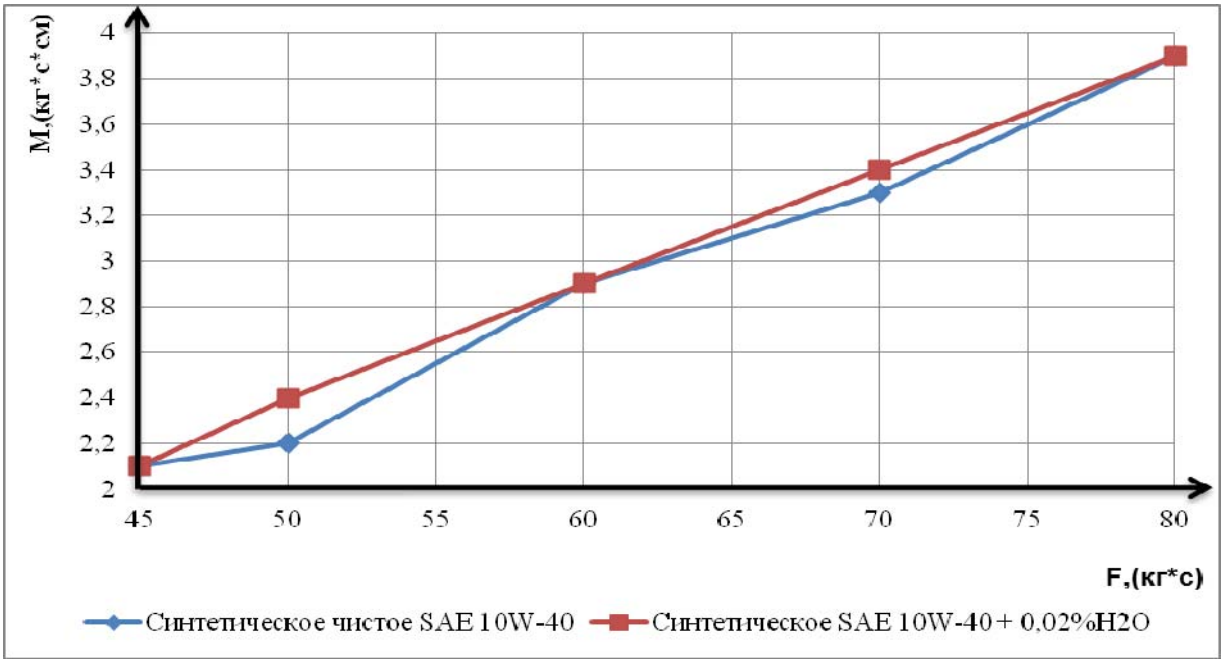


Рис. 4. График изменения момента трения синтетического масла SAE 10W-40 от нагрузки

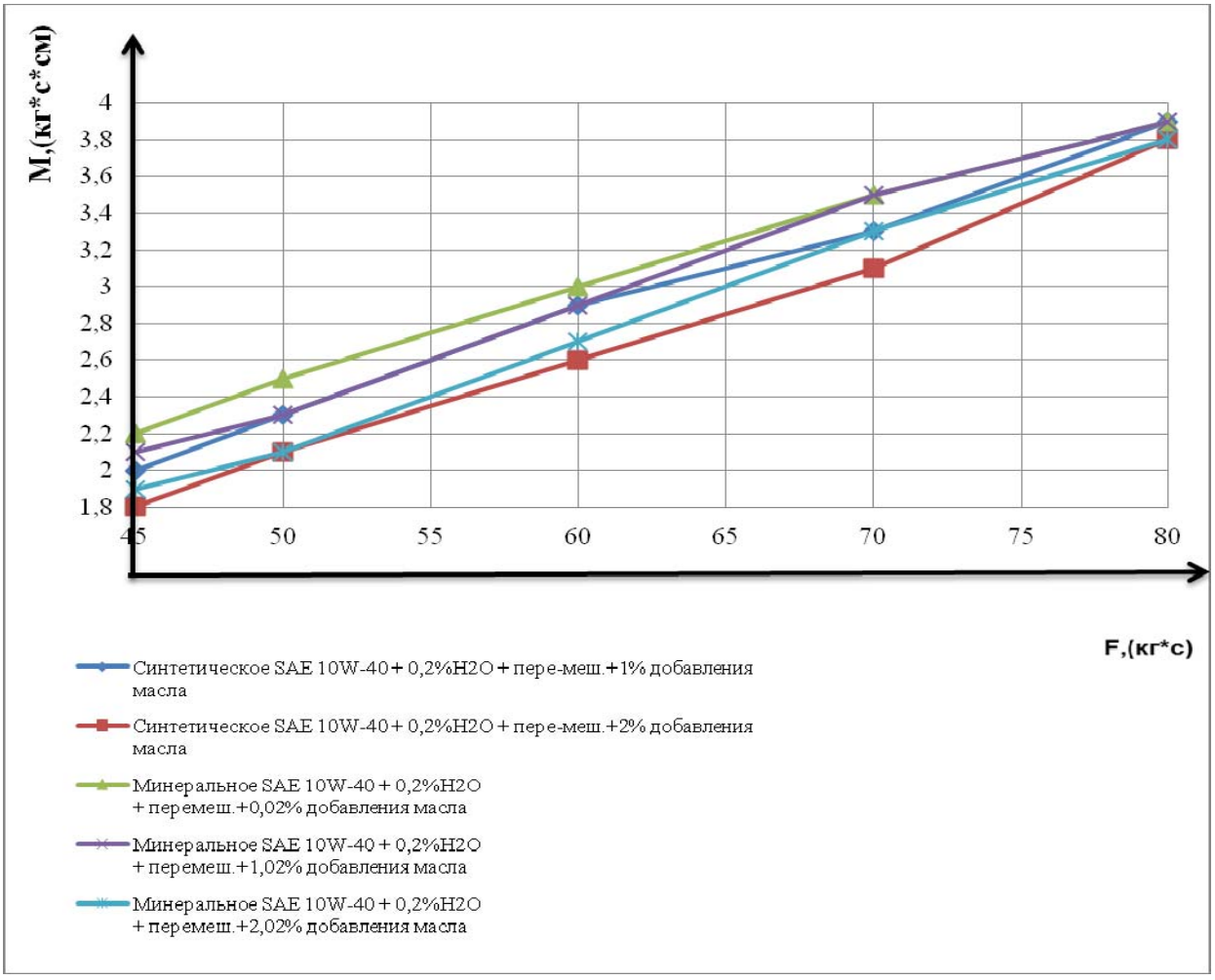


Рис. 5. График изменения момента трения моторных масел от нагрузки

Использование предложенного метода обезвоживания позволяет улучшить свойства моторных масел экономически выгодным способом силами эксплуатирующей организации без затрат на химические расходные материалы.

Поскольку в ранее выполненных исследованиях на кафедре ТЭТС указывалось на сходство в изменение смазывающих свойств моторных масел под воздействием воды и антифриза, то можно сделать вывод об идентичности метода для обоих видов охлаждающих жидкостей.

Литература

1. *Джерихов В. Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы. Часть 2. Масла и смазки. Учебное пособие / В. Б. Джерихов; СПбГАСУ. – СПб., 2009. – 256 с.

2. *Кириченко Н. Б.* Автомобильные эксплуатационные материалы / Н. Б. Кириченко. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 96 с.

3. *Елизаров Е. И.* Промышленные роботы в химическом машиностроении / Е. И. Елизаров, Н. Г. Шеин. – М.: Машиностроение, 1985. – 200 с.

4. *Дрючин Д. А.* Автомобильные эксплуатационные материалы. Учебное пособие / Д. А. Дрючин, Н. Н. Якунин. – Оренбург, 2001. – 146 с.

УДК 504.054

Игорь Олегович Черняев, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: chernyaev@rambler.ru

Igor Olegovich Chernyaev, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: chernyaev@rambler.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТС НА ВЫБРОСЫ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ

ASSESSMENT OF EFFECT OF THE VEHICLE'S TECHNICAL STATE ON THE EXHAUST EMISSIONS

В статье обоснована необходимость разработки методики оценки экологического ущерба от эксплуатации технически неисправных транспортных средств. Обозначены основные направления негативного влияния таких транспортных средств на окружающую среду. Более подробно рассмотрена оценка повышенных выбросов вредных компонентов с отработавшими газами автомобильных двигателей. На основе анализа существующих методик предложен алгоритм расчета повышенных выбросов, заключающийся в оценке как выбросов в случае эксплуатации технически исправных транспортных средств, так и дополнительного объема выбросов в случае эксплуатации транспортных средств с соответствующими неисправностями. Для оценки объемов выбросов предложен соответствующий формульный аппарат.

Ключевые слова: экология автомобильного транспорта, выбросы с отработавшими газами, технический осмотр, токсичность бензиновых двигателей, дымность дизельных двигателей.

The article justifies the need for developing a methodology for assessment of ecological damage from operation of malfunctioning vehicles. Main trends of negative impact of such vehicles on the environment are defined. A more detailed description is given to the assessment of increased emissions of harmful substances with exhaust gases of car engines. The analysis of the existing methodologies allowed suggesting an algorithm for calculation of increased emissions; the algorithm includes assessment of emissions from technically fault-free vehicles and additional emissions in case of vehicles with serious faults. To assess the volume of emissions, the article suggests using appropriate formulas.

Keywords: motor transport ecology, exhaust emissions, general inspection, toxicity of gasoline engines, smokiness of diesel engines.

Техническое состояние автотранспортных средств (АТС) является весомым фактором, влияющим на безопасность дорожного движения. Вместе с тем во всех нормативных документах, относящихся к этой области, оно рассматривается не только как фактор, уве-

личивающий риск дорожно-транспортных происшествий (ДТП), но и как фактор, усиливающий негативное влияние АТС на окружающую среду.

Методики, позволяющей количественно оценить это усиление и учитывавшей бы современные требования к техническому состоянию, на данный момент не существует. Учитывая значительный рост показателей аварийности по причине неисправности АТС, подтверждаемый официальной статистикой ГИБДД [1], доля неисправных АТС в эксплуатации в последние 5 лет неуклонно растет. Это делает задачу оценки не только прямого (от ДТП), но и «отложенного» экологического ущерба актуальной.

Результаты анализа перечня требований к техническому состоянию АТС, изложенного в действующих нормативных документах [2; 3], позволяют выделить следующие направления влияния АТС, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии, на окружающую среду:

- повышенное содержание CO и CH в отработавших газах;
- повышенная дымность отработавших газов;
- утечки жидкого топлива;
- утечки газового топлива;
- повышенный внешний шум;
- утечки технических жидкостей (масло, охлаждающая жидкость, электролит, тормозная жидкость, фреон).

Для количественной оценки экологического ущерба целесообразно оценить объемы загрязнений окружающей среды, возникающие по обоснованным выше направлениям влияния. При формульном описании количественной оценки целесообразно сходить из того, что неудовлетворительное техническое состояния транспортных средств увеличивает уже существующий объем загрязнений по каждому направлению. Таким образом, для оценки суммарного объема загрязнений можно предложить следующую формулу:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{станд}} + V_{\text{НТС}}, \qquad (1)$$

где $V_{\text{станд}}$ – объем загрязнений, определяемый по известным методикам для определенного размера парка транспортных средств, находящихся в эксплуатации; $V_{\text{НТС}}$ – объем дополнительных загрязнений, причиной которых является эксплуатация транспортных средств, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Оценка объемов выбросов вредных компонентов с отработавшими газами и соответствующего ущерба является наиболее разработанной по сравнению с оценочными формулами для других видов воздействия. Это обусловлено тем, что данный вид загрязнения окружающей среды является для автомобильного транспорта основным.

С учетом того, что в отработавших газах присутствует целый спектр вредных компонентов, согласно общепринятой методике определяется приведенная масса годового выброса загрязнений в атмосферу [4]:

$$V_{\text{станд}}^{\text{CO,CH}} = \sum_{i=1}^{N} A_i m_i, \qquad (2)$$

где m_i – масса годового выброса примеси i-го вида в атмосферу, т/год; A_i – показатель относительной агрессивности примеси i-го вида, усл.т/т; N – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу.

В рассматриваемом случае N принимает значение 2, так как для оценки вредного влияния рассматриваются только два вредных компонента – CO и CH.

Основным параметром для оценки увеличения объемов выбросов CO и CH является масса их годового выброса m_i. Согласно существующим методикам [5], она может быть рассчитана по следующей формуле:

$$m_i = \sum_{k=1}^{n} m_{ik}^n L_k N_k \,, \tag{3}$$

где m^n_{ik} – пробеговый выброс транспортных средств k-того типа, т/км; L_k – среднегодовой пробег транспортного средства k-того типа, км; N_k – количество находящихся в эксплуатации транспортных средств k-того типа.

Пробеговые выбросы являются определенными на основе статистических данных табличными справочными величинами. Годовые пробеги могут быть определены также на основе статистических данных.

Формулы 2 и 3 позволяют оценить выбросы вредных веществ в атмосферу без учета АТС, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии. Для определения $V_{\text{НТС}}^{CO,CH}$ необходимы данные о среднем процентном увеличении объемов выбросов $\overline{\Delta}$ в зависимости от неисправностей, а также о доле транспортных средств с выявленными неисправностями η_{HTC} в общем количестве, находящихся в эксплуатации.

Тогда формула для определения массы годового выброса вредных компонентов с отработавшими газами транспортных средств, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии, будет иметь следующий вид:

$$m_{i\,\text{НТС}} = \sum_{k=1}^{n} (1+\overline{\Delta})\eta_{\text{НТС}} m_{ik}^n L_k N_k \,. \tag{4}$$

В этом случае для оценки увеличения объемов выбросов вредных компонентов с отработавшими газами может быть использована формула, аналогичная формуле 2:

$$V_{\text{НТС}}^{CO,CH} = \sum_{i=1}^{N} A_i m_{i\,\text{НТС}} \,. \tag{5}$$

Так как формулы 4 и 5 предполагают, что определенная доля АТС в общем количестве находится в неудовлетворительном техническом состоянии, то в формуле для оценки выбросов от исправных транспортных средств их количество должно быть на эту долю уменьшено. В связи с этим формулу 3 следует записать в следующем виде:

$$m_i = \sum_{k=1}^{n} (1-\eta_{\text{НТС}}) m_{ik}^n L_k N_k \,. \tag{6}$$

В рассматриваемом случае, как указано выше, производится оценка только двух вредных компонентов – CO и CH, содержание которых в отработавших газов нормируется соответствующими документами. Это позволяет упростить формулы 2 и 3 с учетом того, что используемые в них показатели относительной агрессивности для CO и CH известны и составляют соответственно 0,09 и 0,02 [5]. После подстановки упрощенных выражений в формулу 1 для оценки общего объема выбросов в окружающую среду, с учетом математических преобразований, последняя будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} V_{\Sigma}^{CO,CH} &= 0{,}09(1+\overline{\Delta_{CO}}\eta_{HTC})\sum_{k=1}^{n} m_{CO\,k}^n L_k N_k + \\ &+ 0{,}02(1+\overline{\Delta_{CH}}\eta_{HTC})\sum_{k=1}^{n} m_{CH\,k}^n L_k N_k \,. \end{aligned} \tag{7}$$

Данная формула может быть использована для оценки влияния технического состояния АТС на выбросы с отработавшими газами бензиновых двигателей.

Для оценки увеличенных объемов выбросов сажи дизельными двигателями может быть использован тот же подход, что и для оценки увеличенных объемов выбросов CO и CH. С учетом этого сажа может рассматриваться как вредный компонент отработавших газов, имеющий свое значение относительной агрессивности, равное 20 [4]. В этом случае формула 7 может быть записана в следующем виде:

$$V_{\Sigma}^{\text{сажа}} = 20(1 + \overline{\Delta_{\text{сажа}}}\eta_{\text{НТС}})\sum_{k=1}^{n} m_{\text{сажа }k}^{n} L_k N_k . \qquad (8)$$

Данная формула может быть использована для оценки увеличенного объема выбросов сажи дизельными двигателями.

Литература

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] / ГИБДД МВД России // Госавтоинспекция: официальный сайт. – URL: http://www.gibdd.ru/stat/ (дата обращения: 29.03.2016).

2. ТР ТС 018/2011. О безопасности колесных транспортных средств: утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.11 № 877. – URL: http://www.tsouz.ru/db/techreglam/Documents/TR%20TS%20KolesnTrS.pdf (дата обращения: 03.06.2016).

3. О проведении технического осмотра транспортных средств: постановление правительства РФ от 05.12.11 № 1008. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=188563&from=123073-0&rnd=210680.10730330211073968& (дата обращения: 03.06.2016).

4. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба: утв. Государственным комитетом РФ по охране окружающей среды 09.03.1999. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=278825 (дата обращения: 03.06.2016).

5. Методические указания по расчету выброса вредных веществ автомобильным транспортом / Гос. комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – М., 1983. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=ESU;n=18430;dst=100001 (дата обращения: 03.06.2016).

УДК 621.6-52

Анатолий Андреевич Шлапоберский, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: slapan-93@mail.ru

Anatolii Andreevich Shlapoberskii, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: slapan-93@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ И АВТОРЕМОНТЕ

APPLICATION OF MODERN COMPOSITE MATERIALS IN AUTOMOBILE PRODUCTION AND CAR REPAIR

В последнее время можно часто услышать, что одними из самых перспективных материалов в автопромышленности являются композиционные материалы (композиты). Действительно, композиты – настоящее и будущее автомобильной промышленности. Актуальность данной темы обуславливается одной из главных тенденций на сегодняшний день в машиностроении – снижение веса за счет использования современных композитных материалов, а также обеспечения лучшей энергоэффективности. В научной статье доказывается, что композиционные материалы – самый интенсивно развивающийся сегмент на рынке материалов. Повышенная прочность, пластичность, термостойкость, малый вес – эти преимущества позволяют композитам все больше и больше вытеснять классические материалы – дерево, металлы, камень.

Ключевые слова: углепластик, керамокомпозит, интерметаллид, полиэфирэфиркетон, трещиностойкость, прочность, пластичность, термостойкость.

Recently, it has been frequently heard that composite materials (composites) are one of the most advanced materials in automobile production. In fact, composites are the present and future of the automobile industry. The significance of this topic arises from one of the main current tendencies in the machine-building industry: the reduction of weight as well as provision of better energy efficiency due to the use of modern composite materials. The paper proves that composite materials are the most intensively developing segment on the market of materials. Increased fracture strength, plasticity, thermo-resistance, light weight – all these advantages allow composite materials to take place of classic materials, such as wood, metals and stone.

Keywords: carbon fiber, ceramic composite, intermetallic compounds, polyetheretherketone, crack resistance, strength, plasticity, thermo-resistance.

Постоянный прогресс современной автомобильной промышленности, повышение требований к качеству и безопасности используемых материалов требует внедрения и применения новых материалов, а именно композитов. На сегодняшний день композиционные материалы используются при создании практически каждого узла автомобиля. Корпуса концепт-каров и гоночных боллидов целиком состоят из композиционных материалов. На основе композитов разработано большое количество конструкций, которые широко применяются как в тяжелой, так и в легкой промышленности. Благодаря своим уникальным свойствам композиты обеспечивают изделию и конструкции высокую прочность, износостойкость, жесткость и в то же время легкость и малый вес.

Наиболее известным на сегодняшний день композитом является железобетон. Сочетание бетона и железных прутьев дает материал, из которого сооружают конструкции (пролеты мостов, балки и т. п.), которые выдерживают большие нагрузки, вызывающие растрескивание обычного бетона. Интересно, что первыми применять железо в качестве арматуры стали древние греки, причем армировали они мрамор. Когда архитектору Мнесиклу в 437 в. до н.э. понадобилось перекрыть пролеты длиной в 4–6 м, он замуровал в специальных канавках в мраморных плитах двухметровые железные стержни, чтобы перекрытия справились с напряжениями. Компонентами композитов также являются самые разнообразные материалы – металлы, керамика, стекла, пластмассы, углерод и т. п. Известны многокомпонентные композиционные материалы – полиматричные, когда в одном материале сочетают несколько матриц, или гибридные, включающие в себя разные наполнители [1, с. 53].

Что такое композиционные материалы?

Композицио́нный материа́л (КМ), **компози́т** – искусственно созданные материалы, которые состоят из двух или более компонентов, различающихся по составу и разделенных выраженной границей, и которые имеют новые свойства, запроектированные заранее. В большинстве композитов (за исключением слоистых) компоненты можно разделить на *матрицу* (или *связующее*) и включенные в нее *армирующие элементы* (или *наполнители*).

Композиционные материалы и изделия на основе непрерывных волокон и армирующих тканей широко используются для производства внешних деталей автомобиля. Чаще всего из них делают бамперы, обтекатели, спойлеры; элементы внутренней отделки салона автомобиля: декоративные панели салона; элементы защиты корпуса автомобиля, днища автомобиля.

Отдельно надо сказать о материалах из углеродного волокна (***углепластики)*** – наполнителем в этих полимерных композитах служат углеродные волокна. Углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т. д. Термическая обработка волокна проводится, как правило, в три этапа (окисление – 220 °С, карбонизация – 1000–1500 °С и графитизация – 1800–3000 °С) и приводит к образованию волокон, характеризующихся высоким содержанием (до 99,5 % по массе) углерода. В зависимости от режима обработки и исходного сырья полученное углеволокно имеет различную структуру. Такие материалы используются в автомобилестроении уже много лет, и с каждым годом объем их применения значительно растет. Наиболее важное достоинство углеволокна – необычайно легкий

вес и высокая прочность. Углепластик в 5 раз легче стали и в 1,8 раза легче алюминия**.** Это позволяет снизить массу автомобиля, что в свою очередь обеспечивает экономию горючего [2, с. 265].

Керамические композиты (керамокомпозиты) имеют керамическую матрицу и содержат металлическую или неметаллическую волокнистую арматуру. Достоинства керамических композитов определяются, в первую очередь, свойствами матрицы. Керамические матрицы обеспечивают наиболее высокий уровень рабочих температур композиционных материалов. Керамика является химически и термически стойким материалом, имеет высокий уровень прочностных свойств на сжатие.

Недостатком абсолютного большинства керамических материалов является очень низкий уровень трещиностойкости. Попытки приблизить керамику к металлическим материалам привели к разработке керметов, т. е. материалов, имеющих комбинированную матрицу, полученную из порошков (более 50 % – керамика, а остальное – металл). Более эффективным является введение в керамическую матрицу металла в форме не порошка, а волокон. Наиболее часто для упрочнения керамики используются волокна вольфрама, молибдена, ниобия, стали. Металлические волокна более пластичны по сравнению с керамикой. Они воспринимают значительную часть нагрузки, сдерживают развитие трещин в композите, выполняют функцию структурных элементов, повышающих трещиностойкость и термостойкость материалов [3, с. 216].

Основным фактором, ограничивающим применение металлических волокон в керамических композитах, является их повышенная склонность к окислению при высоких температурах эксплуатации. Поэтому в керамических композиционных материалах в качестве армирующих элементов часто используют керамические волокна. Достоинства волокон этого типа заключаются в следующем: малое различие модулей упругости и коэффициентов термического расширения материалов волокон и матрицы; химическое сродство компонентов композитов; жаростойкость керамических волокон. Эффективными армирующими элементами керамического типа в композиционных материалах являются волокна карбида кремния, углеродные волокна. Армированные композиты с керамической матрицей применяются в качестве жаропрочных и жаростойких материалов, а также составляющих броневых элементов. Композиты, наполненные микро- и наночастицами специальных добавок, используются в режущих кромках инструментов, в качестве износостойких материалов, а также материалов пломб в стоматологии [4, с. 202].

Интерметаллиды – новый класс материалов (химические соединения металлов), которые по своей структуре занимают промежуточное положение между металлами и керамикой. Они имеют сложную кристаллическую структуру с наличием в межатомных связях до 30 % ковалентной связи, что и определяет их физико-механические свойства: высокую жаропрочность, низкую плотность и возгораемость в кислороде, высокую износостойкость. Интерметаллидные сплавы называют материалами следующего поколения, так как этим сплавам присущ эффект запоминания формы. Этот эффект проявляется в том, что после придания образцу определенной формы при повышенной температуре ему придают новую форму пластической деформацией при более низкой температуре, а после нагрева исходная форма образца (детали) восстанавливается.

К настоящему времени известно более 100 сплавов с эффектом памяти формы. Однако из этого общего числа только интерметаллид NiTi и сплавы с легирующими элементами на его основе нашли наибольшее практическое применение [2, с. 250].

Интерметаллид NiTi хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии. Из него можно получать всевозможные полуфабрикаты: листы, ленту и фольгу различных толщин, прутки, проволоку разных сечений, трубы. Эти полуфабрикаты можно получать с различными температурами восстановления формы: от −100, −180 °С до +60, +120 °С. Кроме этого, никелид титана обладает высокой демпфирующей способностью, хорошей износо- и коррозионной стойкостью.

Основное применение интерметаллиды NiTi и сплавов на его основе связано с приборо- и машиностроением, медициной, а интерметаллидных сплавов на основе соединений Ti3Al, TiAl и NiAl во вновь создаваемых образцах новой техники, в том числе ракетно-космической, авиационной, автомобильной и др. [2, с. 302].

Полиэфирэфиркетон KETRON PEEK – ценный материал в условиях, где требуются повышенная термостойкость и устойчивость к химикатам. Температура плавления материала превышает 340 °С. Характерными свойствами полиэфирэфиркетона KETRON PEEK являются механическая прочность, жесткость и твердость, высокая допустимая температура работы (250...310 °С), предел текучести, износостойкость в различных условиях и хорошая стабильность размеров, Также, хорошие диэлектрические свойства. Материал хорошо выдерживает радиоактивное излучение, химически устойчив, устойчив к гидролизу, малогорюч, и при его горении выделяется мало дыма. Данный материал отвечает требованиям норм и правил Европейского союза и США для пластических материалов и поверхностей, контактирующих с продуктами питания [5, с. 232].

Для повышения экономичности автомобиля на 0,0042 км/л необходимо снизить его массу приблизительно на 7 кг. Это означает, что для достижения контрольных цифр по расходу горючего только путем снижения массы автомобиля требовалось уменьшить ее за 7 лет приблизительно на 660 кг. Предполагается посредством замены деталей из стали и чугуна на детали из углепластиков и других конструкционных полимерных материалов снизить массу автомобилей за 10 лет приблизительно на 320 кг. Такое снижение массы автомобилей соответствует приблизительно лишь 50 % ее величины, необходимой для достижения контрольных цифр по расходу горючего. Поэтому наряду с использованием новых перспективных материалов следует уменьшать размеры автомобилей, увеличивать эффективность использования энергии и осуществлять другие меры по снижению расхода горючего [6, с. 139].

В 1977 г. фирма «Форд» сообщила о плане разработки облегченного экспериментального автомобиля в котором будут использованы в основном углепластики и гибридные армированные пластмассы на основе углеродных и стеклянных волокон. Первый экземпляр такого автомобиля был создан в 1979 г. В опытной модели «Форд LTD» 1979 г. из углепластиков и других композитов на основе углеродных и стеклянных волокон были изготовлены кузов, шасси, двери, бампера. В результате использования конструкционных полимерных материалов масса автомобиля снизилась с 1698 до 1137 кг, т. е. примерно на 33 %, а экономичность повысилась с 7,2 до 9,7 км/л, т. е. примерно на 35 % [6, с. 142].

Композиционные материалы – самый интенсивно развивающийся сегмент на рынке материалов. Повышенная прочность, пластичность, термостойкость, малый вес – эти преимущества позволяют композитам все больше и больше вытеснять классические материалы – дерево, металлы, камень.

В настоящее время, перед современным автомобилестроением стоит задача снижения массы автомобиля и, как следствие, повышение его топливной экономичности. Кроме того, высокие требования к качеству и безопасности вынуждают производителя использовать новые композиционные материалы. В последних моделях насчитывается порядка 400 пластмассовых узлов и деталей, и их количество будет расти [6, с. 195].

Композиционные материалы, используемые для производства высокотехнологичных спортивных автомобилей и автомобилей Формулы-1, в настоящее время стали активно использоваться для крупномасштабного производства. Однако производство конструкций из таких материалов сильно отличается от производства из металла и происходит гораздо медленнее.

На данный момент каждый производитель уже понимает, что будущее за композитами. Но, к сожалению, не каждый может себе позволить экспериментальную разработку технологий производства деталей из новых материалов. Композиционные материалы интенсивно входят в привычный мир каждого человека, ведь из них создаются многие пред-

меты интерьера, детали бытовых приборов, спортивная экипировка и инвентарь, детали ЭВМ. Также применяются композиционные материалы в автомобилестроении, авиастроении и других отраслях экономики. Автомобилестроение, наука и техника, современные космические технологии и авиастроение – далеко не полный список применения композиционных материалов. Благодаря своим улучшенным физическим свойствам, технологичности изготовления, а также универсальности в применении, композиты уже нашли свою нишу в производстве многих товаров народного потребления. Этот список постоянно расширяется, что определяет постоянное развитие и поиск новых решений в применении композиционных материалов.

Литература

1. *Адаскин А. М.* Материаловедение (металлообработка) / А. М. Адаскин, В. М. Зуев. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – С. 52–62.

2. *Рогов В. А.* Современные машиностроительные материалы и заготовки / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – ОИЦ «Академия», 2014. – 336 с.

3. *Богодухов С. И.* Курс материаловедения в вопросах и ответах / С. И. Богодухов, А. В. Синюхин, В. Ф. Гребенюк. – М.: Изд-во «Машиностроение», 2014. – С. 212–231.

4. *Заплатин В. Н.* Основы материаловедения / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов. – М.: Изд-во «Академия», 2012. – 256 с.

5. *Давыдова И. С.* Материаловедение / И. С. Давыдова, Е. Л. Максина. – М.: Изд-во РИОР, 2013. – 240 с.

6. *Стуканов В. А.* Автомобильные эксплуатационные материалы / В. А. Стуканов – М.: ИД «ФОРУМ», ИНФРА-М, 2013. – 208 с.

СЕКЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 656.11

Александр Владимирович Белов, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: belov_trans@mail.ru

Aleksandr Vladimirovich Belov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: belov_trans@mail.ru

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

PRINCIPLES FOR CLASSIFICATION OF TRAFFIC FLOW MODELS

Рассмотрены вопросы классификации моделей транспортных потоков и программного обеспечения для моделирования дорожного движения. Отмечается сложность разработки исчерпывающей классификации исследуемых объектов. Предложено проводить классификацию по признакам, наиболее релевантным с точки зрения вопросов практического использования математических моделей транспортных потоков. В первую очередь, необходимо отличать модели формирования спроса и модели непосредственно транспортных потоков. Также отмечается, что классификация программного обеспечения еще более затруднительна, вследствие вариативности сочетания используемых в них математических моделей. Предложена классификация моделей по принципиальным подходам к описанию транспортного потока и получения информации о нем. Даны рекомендации по применению различных классов моделей для решения задач по ОДД.

Ключевые слова: моделирование транспортных потоков, транспортная модель, классификация, программное обеспечение, организация дорожного движения.

The article considers issues of classification of traffic flow models and software for road traffic modeling. The difficulty of developing an exhaustive classification for the studied object is noted. It is suggested to make the classification according to the features that are the most relevant from the viewpoint of practical use of mathematical models of traffic flows. Firstly, it is important to distinguish between the models of demand generation and models of transport flows. It is also noted that the classification of software is even more difficult due to variation of combinations of applied mathematical models. It is suggested to classify the models according to principal approaches to

description of the traffic flow and receipt of information about it. Recommendations about application of various classes of models for solving tasks of road traffic organization are given.

Keywords: modeling of traffic flows, transport model, classification, software, road traffic organization.

За все время развития теории транспортных потоков появилось множество способов математического описания процессов поведения как потоков в целом, так и отдельных автомобилей и их взаимодействия между собой и транспортной инфраструктурой. Многие методы получили широкое распространение на практике для моделирования поведения транспортных потоков с целью прогнозирования и оценки их параметров. Существующие методы моделирования используют различный математический аппарат, основываются на различных допущениях, имеют различную степень детализации и, соответственно, обладают различными способностями, недостатками и преимуществами. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, невозможно выделить какой-то один метод, как самый лучший или универсальный, у всех методов есть свои особенности, которые оказываются востребованными при решении различных задач.

Для более эффективного использования математического моделирования транспортных потоков на практике необходимо провести классификацию существующих методов и определить круг задач, для которых наиболее подходит тот или иной метод. Задача классификации таких математических моделей не имеет однозначного решения. В одном из авторитетных источников [1] отмечается, что «математические модели, применяемые для анализа транспортных сетей, весьма разнообразны по решаемым задачам, математическому аппарату, используемым данным и степени детализации описания движения. Поэтому не представляется возможным дать исчерпывающую классификацию этих моделей». При этом, в современном понимании практиков и, в частности, в рамках данной работы понятие «математическое моделирование транспортных потоков» вобрало в себя также многие аспекты моделирования транспортных систем в целом и включает широкий спектр различных аналитических зависимостей, алгоритмов, эмпирических закономерностей, методов, а также допущений, гипотез и аналогий, позволяющих описать все аспекты транспортного поведения человека от выбора пункта назначения и времени поездки до индивидуальных особенностей вождения автомобиля. Кроме того в данное понятие входят вопросы оценки и прогнозирования потоков грузовых автомобилей, маршрутизация и расчет параметров работы транспорта общего пользования, а также анализ пешеходных потоков и прочих видов транспорта.

Поэтому необходимо выделить основные классификационные признаки, которые дают возможность разделить модели по принципиально отличным категориям. Первым и ключевым классификационным признаком следует выделить способ описания объекта моделирования. Объектом моделирования является транспортный поток, и с точки зрения способа его описания можно выделить *модели формирования спроса* (travel demand models) и *модели непосредственно транспортных потоков* (traffic flow models). Первый тип моделей дает только количественную характеристику – объем движения или уровень спроса с разделением по различным видам транспорта, а второй описывает взаимосвязи внутренних параметров потока и показателей работы участков УДС. Вторым основным классификационным признаком можно выделить тип транспорта и корреспонденций, с этой точки зрения разделение идет на *модели пассажирских* и *грузовых корреспонденций*. При этом модели пассажирских корреспонденций и их распределения по видам транспорта общего пользования, как правило, входят в состав моделей формирования спроса.

С точки зрения подхода к описанию процесса формирования людских и материальных потоков, транспортные модели можно разделить на *агрегированные* и *дезагрегированные*.

Основной задачей любой модели формирования спроса является оценка матриц корреспонденций. Для оценки матрицы в первую очередь необходимо определить ее раз-

мерность, т. е. количество пунктов образования/поглощения потоков, так называемых транспортных районов. Соответственно конечная точность результатов модели имеет прямую зависимость от числа таких районов. Агрегированная модель оценивает объем поездок исходя из обобщенных параметров каждого транспортного района, таких как количество жителей, структура населения, число мест приложения труда, уровень автомобилизации, транспортная подвижность населения, наличие и характеристики грузообразующих объектов и т. д.

Агрегированный подход прошел долгий путь развития, начиная с простейших математических зависимостей, таких как гравитационная и энтропийная модель расчета количества поездок между районами. В 50-х – 60-х гг. прошлого века развитие этого подхода привело к появлению устоявшейся последовательности действий при моделировании транспортного спроса, которая до сих пор продолжает оставаться основой многих транспортных моделей. Это так называемая *классическая четырехшаговая процедура*. В течение следующих нескольких десятилетий совершенствовались методы расчета корреспонденций, распределения по видам транспорта и по сети, но структура и последовательность действий оставалась той же самой.

Модели непосредственно транспортных потоков – это математические модели, такие как гидродинамические, кинетические, клеточные автоматы, следования за лидером и т. д. Сами по себе такие модели не применяются на практике в чистом виде, а используются в качестве математической основы в специальных программных комплексах.

Многие программные комплексы, как правило, совмещают в себе несколько математических моделей, причем в различных сочетаниях, что затрудняет их классификацию по типу применяемой модели. Представляется целесообразным проводить классификацию моделей не по конкретному виду, а по принципиальным подходам к описанию транспортного потока и получения информации о нем.

Описание транспортного потока разделяется на:

– *агрегированное* (макро-), оперирующее общими параметрами (скорость, плотность, интенсивность);

– *дезагрегированное* (микро-), где учитываются закономерности движения отдельных автомобилей или их небольших групп.

По способу получения информации о транспортном потоке модели делятся на:

– *аналитические* модели, которые основаны на теоретических и эмпирических зависимостях между параметрами транспортного потока и транспортной инфраструктуры;

– *имитационные* модели, которые стремятся описать и воспроизвести во времени процессы движения транспортных потоков и их взаимодействия с транспортной инфраструктурой.

Таким образом, с рассмотренных позиций модели транспортных потоков делятся на:

– аналитические макромодели,

– аналитические микромодели,

– имитационные макромодели,

– имитационные микромодели.

Аналитические макромодели представляют собой статическое распределение потоков по сети исходя из зависимостей скорости и плотности потока, полученных на основе фундаментальной диаграммы. Такой тип используется также в классической 4-х шаговой процедуре и присутствует во всех программных пакетах для транспортного планирования (EMME, CUBE, VISUM и др.).

Аналитические микромодели это более детальное описание зависимостей, основанное на теории транспортных потоков. Такой подход используется, как правило, в программных продуктах, предназначенных для анализа локальных объектов (перекрестков, участков магистралей, развязок, круговых пересечений), к ним относятся, например, SIDRA INTERSECTION, HCS, ARCADY и т. п.

Имитационные макромодели описывают динамику развития ситуации на участке транспортной сети в терминах потоков в целом или «пачек» автомобилей. Такой подход характерен для программных продуктов по оптимизации режимов светофорного регулирования (TRANSYT, SATURN, SYNCHRO и др.).

Имитационные микромодели воспроизводят динамику движения транспортных потоков учитывая поведение и условия движения каждого транспортного средства. Наиболее известные представители программного обеспечения, реализующие этот подход: VISSIM, AIMSUN, PARAMICS и пр.

В литературе все чаще встречается понятие *мезомоделей* как особого подхода к моделированию транспортных потоков. Однако определение такого подхода весьма расплывчато и нет единого мнения в вопросе, какой именно математический аппарат соответствует этому подходу.

Другим очевидным признаком классификации является назначение программных продуктов и математических моделей транспортных потоков. Классификация математических моделей как таковых по данному признаку крайне затруднена, поскольку любая модель имеет основное назначение в предсказании особенностей поведения моделируемого объекта. Различные модели предсказывают это поведение с различной точностью, по различным параметрам и различными методами. Назначение, с точки зрения практического применения и решения конкретных задач, появляется у моделей только в составе специальных программных комплексов. Таким образом, классифицировать по назначению представляется возможным только готовое программное обеспечение для моделирования транспортных потоков, как это делают зарубежные коллеги [2; 3]. С этой позиции программные продукты делятся на применяемые для:

- предварительного (скетч) планирования, в том числе досетевые методы;
- стратегического планирования (прогнозирования);
- тактического планирования и управления (макро и мезо модели);
- планирования работы отдельных видов транспорта (грузовой, ТОП, такси и др.);
- детального анализа движения потоков (микро и мезо моделирование);
- оптимизации параметров координированного светофорного регулирования, в том числе в АСУДД;
- расчета геометрических параметров и параметров регулирования на отдельных перекрестках;
- анализа движения пешеходных потоков;
- оценки уровня безопасности движения.

Стоит отметить, что в последнее время наблюдается тенденция объединения инструментов для решения нескольких задач в едином программном комплексе или взаимосвязанном семействе продуктов одного разработчика [4; 5]. Также появляется много программных модулей стыковки между распространенными продуктами различного назначения для упрощения процесса ввода и обмена данными. Эта тенденция объясняется необходимостью комплексного решения задач транспортного планирования, организации и управления дорожным движением, и подкрепляется соответствующими предпочтениями пользователей, которые выбирают продукты с более широким функционалом. Представляется, что в дальнейшем лидерами рынка программного обеспечения для моделирования транспортных потоков будут комплексные или модульные продукты, способные решать все перечисленные задачи. Таким образом, уже в текущих условиях отнесение многих продуктов к одной из категорий по назначению оказывается затруднительным.

Таким образом, требования практики подтверждают обоснованность разделения на категории по двум классификационным признакам:

а) на основе подходов моделирования (макро-, мезо-, микро-);

б) по принципу моделирования (аналитический и имитационный).

При этом, мезоподход, ввиду неопределенности его границ, следует рассматривать как вспомогательный и рекомендовать к применению совместно с одним из других подходов или как альтернативу при отдельном обосновании.

В таблице приведены сводные данные о результатах предлагаемой классификации для моделей непосредственно транспортных потоков.

Таблица

Результирующая классификация моделей транспортных потоков

Подход моделирования	Точность	Функциональность и назначение	Производительность	Примеры ПО
Макроаналитический	низкая	Прогноз перераспределения потоков на крупных сетях. Модели стратегического планирования и тактические модели.	очень высокая	EMME, TransCAD, VISUM, AIMSUN (v8), CUBE
Макроимитационный	средняя	Прогноз перераспределения потоков с учетом фактора времени. Приближенная оценка показателей качества работы УДС. Задействование в контуре оптимизации параметров регулирования.	высокая	TRANSYT, SATURN, SYNCHRO, LinSig
Микроаналитический	высокая	Анализ показателей работы отдельных перекрестков, небольших участков магистралей.	высокая	SIDRA INTERSECTION, HCS, ARCADY
Микроимитационный	очень высокая	Детальный анализ показателей работы отдельных перекрестков, магистралей, небольших и средних сетей.	низкая	VISSIM, AIMSUN,PARAMICS, CORSIM
Мезоаналитический	средняя	Анализ показателей работы отдельных перекрестков, магистралей, небольших, средних и крупных сетей.	очень высокая	н/д
Мезоимитационный	высокая	Анализ показателей работы отдельных перекрестков, магистралей, небольших, средних и крупных сетей.	средняя	AIMSUN, CONTRAM, DYNAMIT-P

Таким образом, проведенная классификация математических моделей транспортных потоков позволяет сформировать представление о том, какие методы математического моделирования целесообразно использовать в различных ситуациях при разработке документации по ОДД всех уровней. Выбор программного обеспечения целесообразно осуществлять на основе классификации по назначению, с учетом особенностей применяемых в конкретном ПО математических моделей.

Литература

1. *Швецов В. И.* Математическое моделирование транспортных потоков / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 3–46.

2. Traffic Modelling Guidelines. V1.0 / Roads and Maritime Services, NSW. – Sydney, 2013. – URL: http://www.rms.nsw.gov.au/business-industry/partners-suppliers/documents/technical-manuals/modellingguidelines.pdf (дата обращения: 20.04.2016).

3. Design Manual for Roads and Bridges (DMRB): Volume 12, Section 2 / Department for Transport. – London, 2013. – URL: http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol12/section2/12s2p1.pdf (дата обращения: 20.04.2016).

4. Transport Modelling: Towards Operational Standards in Europe / MOTOS Project; European Commission. – 2007. – URL: http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20090928_091637_67695_MOTOS%20-%20Handbook.pdf (дата обращения: 20.04.2016).

5. Best Practices in the Use of Micro Simulation Models / American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). – Arlington, VA, 2010. – URL: http://statewideplanning.org/wp-content/uploads/259_NCHRP-08-36-90.pdf (дата обращения: 20.04.2016).

УДК 625.721:656.13.07

Юрий Георгиевич Котиков, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: cotikov@mail.ru

Jurij Georgievich Kotikov, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: cotikov@mail.ru

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ БАЗИС МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТЬ-ЛУЖСКОГО МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В СРЕДЕ ГИС

CARTOGRAPHIC BASIS FOR MODELLING UST-LUGA MULTIMODAL COMPLEX IN THE GIS ENVIRONMENT

Усть-Лужский мультимодальный комплекс (УЛММК) – перспективный полюс деловой активности на евроазиатском пространстве. В географическом ареале влияния этого комплекса предусматривается размещение значительных индустриальных и логистических мощностей, взаимосвязь транспортных сетей и распределение грузопотоков. Планирование этого комплекса и наполнение материальным содержанием его элементов захватывает слои деятельности вплоть до государственного уровня. Моделирование и анализ функционирования этого множества объектов требует использования геоинформационных технологий уровня ГИС ArcGIS. Освещается картографическая подготовка к ГИС-моделированию УЛММК в среде ГИС ArcGIS. Формируется опорный (грузовой) каркас сети автодорог ареала, состоящий в основном из фрагментов федеральных и региональных дорог. Обеспечивается интеграция с сетью дорог Европейского союза и сетью дорог РФ. Испытывается возможность моделирования мультимодальных перевозок с узловой ролью УЛММК.

Ключевые слова: транспорт, логистика, комплекс, моделирование, картографические слои, ГИС

Ust-Luga Multimodal Complex (ULMC) is an advanced pole of economic activity on the Euro-Asiatic continent. In the geographic area of influence of this complex, it is planned to locate important industrial and logistic facilities and interconnected transport networks, as well as distribute cargo traffic. Planning of this complex and giving material substantive content to its elements is taking activity layers up to the governmental level. Modeling and analysis of functioning of this set of objects requires application of geoinformational technologies such as ArcGIS. The paper describes the cartographic preparation to GIS modeling of ULMC in the environment ArcGIS. The main (freight) frame of road network of the area is formed, which mainly consists of fragments of federal and regional roads. Integration with the road network of the European Union and Russian Federation is ensured. A possibility of modeling multimodal transportation with the hub role of the ULMC is tested.

Keywords: transport, logistics, complex, modeling, cartographic layers, GIS.

Усть-Лужский мультимодальный комплекс (УЛММК) – перспективный полюс деловой активности на евроазиатском пространстве. В географическом ареале влияния этого комплекса предусматривается размещение значительных индустриальных и логистических мощностей, взаимосвязь транспортных сетей и распределение грузопотоков. Планирование этого комплекса и наполнение материальным содержанием его элементов захватывает слои деятельности вплоть до государственного уровня. Моделирование и анализ функционирования этого множества объектов требует использования продвинутых геоинформационных технологий уровня ГИС ArcGIS [1].

Важным элементом ГИС-моделирования является его картографическая подготовка. Изобилие имеющегося в настоящее время картографического материала (поисковых систем, облачного, корпоративного) практически на любой ареал Земли, при разбросе целевой и тематической направленности этого материала, проекционно-картографических и других особенностей, требует специальной подготовки, фильтрации, интеграции и «заточки» этих материалов под задачи конкретного моделирования, анализа и проектирования.

На базе картографических и растровых материалов облака Esri, ресурсов Open Street Map, Google, Yandex и других источников нами осуществлена подготовка картографических слоев ареала УЛММК со сведением их в ArcGIS к системе географических координат (СГК) WGS 84 с системой картографических проекций (СКП) UTM.

На рис. 1 приведен один из образов – терминалы Усть-Лужского морского порта (УЛМП).

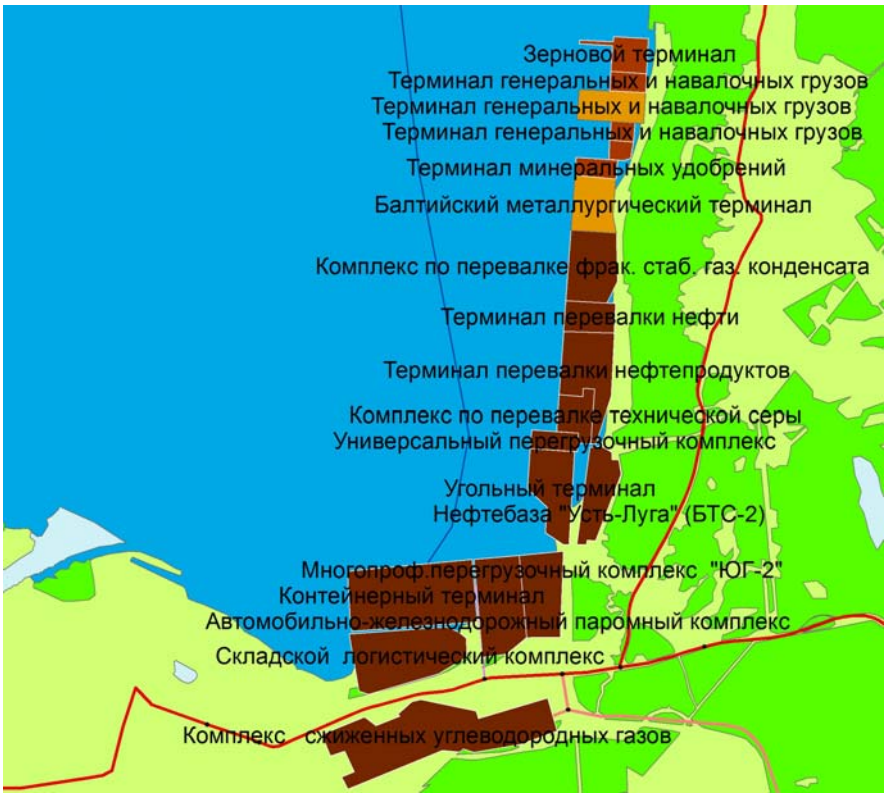


Рис. 1. Терминалы Усть-Лужского морского порта

На рис. 2 приведен Опорный (грузовой) каркас в ареале Ленинградской области (ЛО), построенный на фрагментах федеральных и региональных дорог (представленный жирными красными линиями на фоне всего множества дорог ЛО – светло-коричневый цвет).

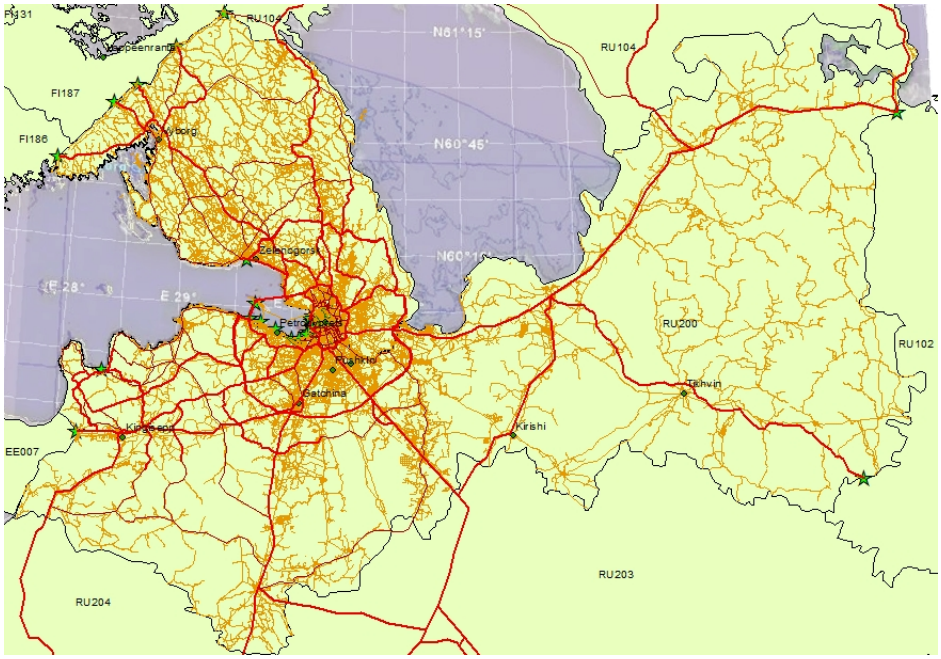


Рис. 2. Опорный (грузовой) каркас ЛО

Нами произведена интеграция дорог ареала УЛММК с сетью дорог Европейского союза и сетью дорог РФ – с приведением всего к одной системе координат. Проведены испытания возможности моделирования мультимодальных перевозок с узловой ролью УЛММК. На рис. 3 представлен образ мультимодальной перевозки (морским транспортом и автомобильным) из Любека через Усть-Лугу в Новгород.

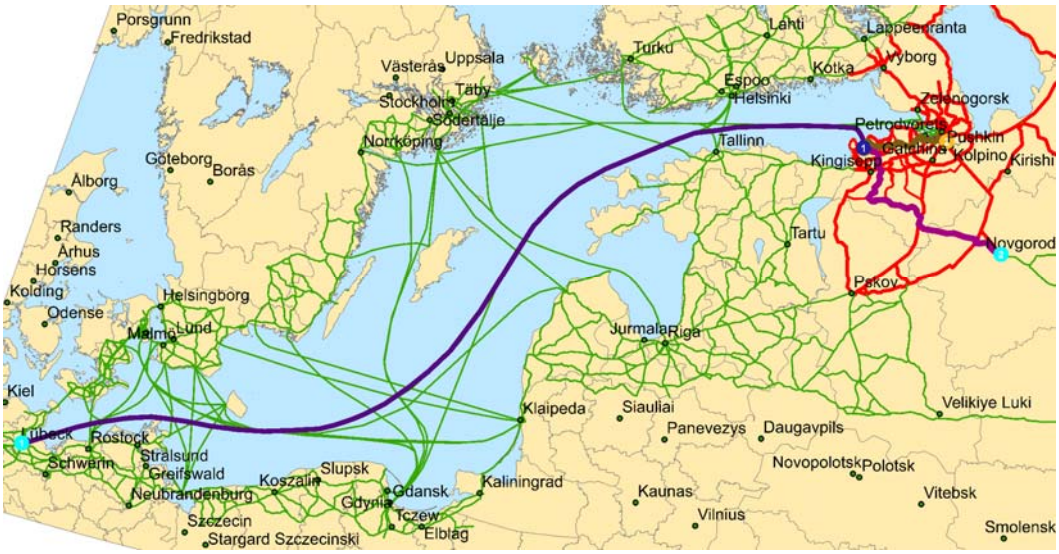


Рис. 3

В заключение, отметим готовность к размещению логистических объектов на представленных динамических картах и решению транспортно-логистических задач Ленинградской области и СПб.

Литература

1. *Котиков Ю. Г.* Геоинформационная система ArcGIS как интегратор в моделях планирования транспортных систем мегаполисов / Ю. Г. Котиков // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 2(31). – С. 214–222.

УДК 656.13

Равиль Нуруллович Сафиуллин, докт. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Вадим Юрьевич Чудиновских, генеральный директор
(ООО НПК «Благовест»)
E-mail: safravi@mail.ru, chv_5@live.ru

Ravil Nurullovich Safiullin, Dr of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Vadim Yurievich Chudinovskikh, general director
(OOO NPK “Blagovest”)
E-mail: safravi@mail.ru, chv_5@live.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСЛОВИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРА ТЯЖЕЛЫХ ЧАСТИЦ КОЗЫРЕВА НА ДВС АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

EXPERIMENTAL STUDY OF CONDITIONS AND RESULTS OF APPLICATION OF THE KOZYREV HEAVY PARTICLES GENERATOR IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF AUTOMOTIVE VEHICLES

При воздействии на топливо и двигатель энергоинформационного вихревого поля, создаваемого генератором тяжелых частиц Козырева (ГТЧК), наблюдается улучшение эксплуатационных показателей двигателя внутреннего сгорания. Весь объем двигателя и топлива насыщается тяжелыми частицами Козырева и

стабилизируется в насыщенном состоянии. От обработки к обработке эффект наращивается. Проведение экспериментальных исследований на базе позволит изучить механизм воздействия ГТЧК на технологический уровень используемого топлива и оценить его влияние на эффективность функционирования автомобильной техники в целом, выработать конкретную и оптимальную технологию обработки механизмов для улучшения их технико-экономических и экологических показателей.

Ключевые слова: качество топлива, генератор тяжелых частиц Козырева, энергоинформационное поле, эффективность функционирования автомобильной техники.

When fuel and engine are exposed to energoinformational curl field created by the Kozyrev heavy particles generator (KHPG), an improvement of performance characteristics of internal combustion engine is noted. The total volume of the engine and fuel is saturated with Kozyrev heavy particles and stabilized in the saturated condition. From treatment to treatment, the effect is increased. Experimental study at the base will allow studying the mechanism of KHPG influence on the technology level of the used fuel and assessing its influence on the efficiency of automotive vehicles in general. It is necessary to develop a definite and optimum technology for treatment of mechanisms to improve their technical, economic and ecological indices.

Keywords: fuel quality, Kozyrev heavy particles generator, energoinformational field, efficiency of automotive vehicles.

Энергосбережение в процессе эксплуатации автомобильной техники является актуальной проблемой. К числу приоритетных направлений в технологической модернизации перевозок автомобильным транспортом относится повышение эффективности функционирования транспорта на основе оценки и реализации эксплуатационных показателей применяемого топлива.

Цель экспериментальных исследований – определение влияния энергоинформационного поля, создаваемого генератором тяжелых частиц Козырева (ГТЧК), на топливно-экологические характеристики функционирования двигателя внутреннего сгорания [1; 2].

ГТЧК является центробежно-вихревым генератором, формирующим в процессе работы поток частиц в вертикальном направлении (рис. 1). Поток, в свою очередь, оказывает

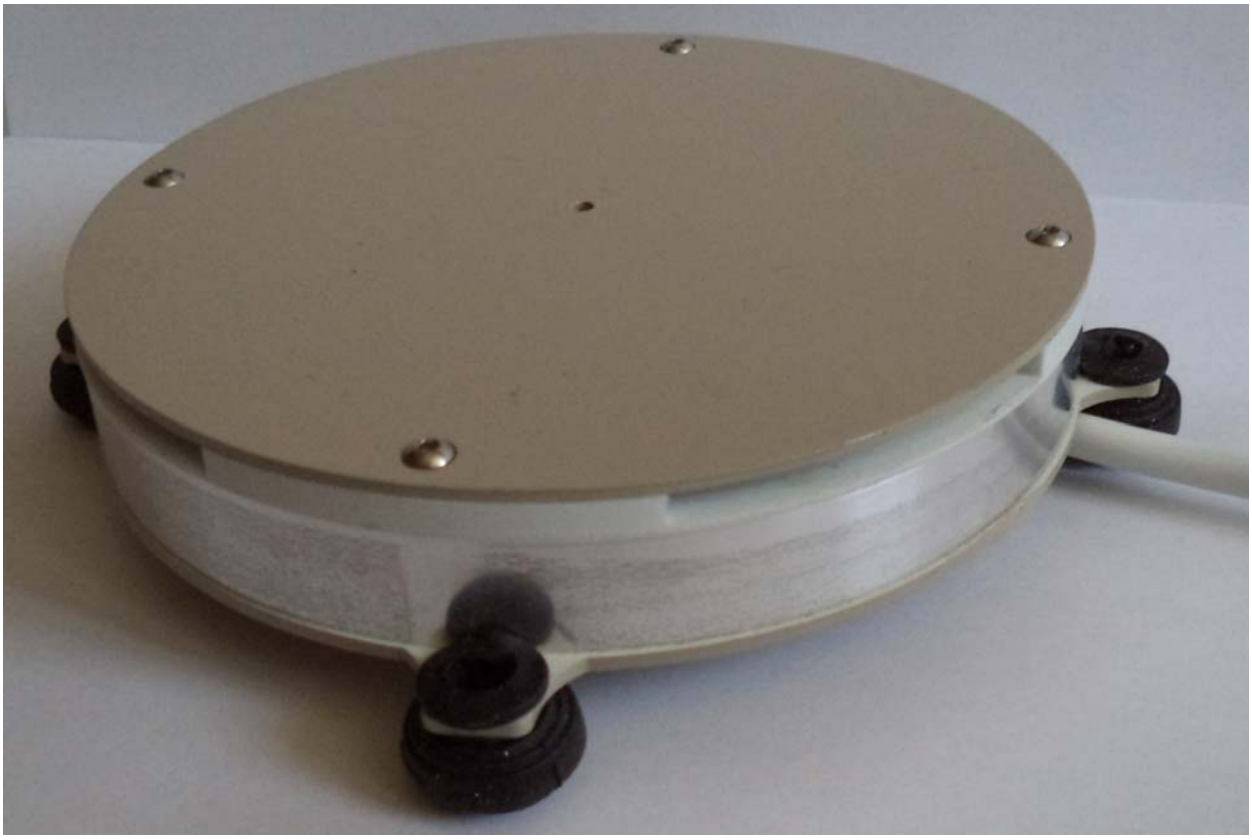


Рис. 1. Общий вид генератора тяжелых частиц Козырева

воздействие на любые устройства в поле своего влияния. Гармонизируются процессы горения с повышением их эффективности, улучшаются свойства и полнота сгорания топлива, снижаются выбросы вредных веществ. Все эти свойства ГТЧК позволяют использовать его в различных приложениях.

Предварительные экспериментальные исследования проводились на автоматизированной системе стендовых испытаний (АССИД), разработанной кафедрой «Транспортных систем» автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

В состав АССИД входит:

- устройство управления и регистрации параметров работы двигателя, сопряженное с ЭБУ двигателем Январь 5.1;
- бензиновый двигатель внутреннего сгорания ВАЗ-21214-10;
- нагружающее устройство (дисковый гидротормоз);
- газоанализатор Tecnotest 488;
- дополнительное регистрационное оборудование.

Воздействие на ДВС и применяемое топливо осуществлялось с помощью ГТЧК (модель 003). В качестве топлива при проведении экспериментальных исследований использовался бензин марки АИ-95-5. Учет параметров работы двигателя осуществлялся на основе показаний, регистрируемых ЭБУ, сопряженным с компьютером устройства управления ДВС. Содержание отдельных компонентов отработавших газов определяли с помощью газоанализатора в точке, расположенной в выпускной системе после каталитического нейтрализатора.

Программой исследований предусматривалось проведение следующих мероприятий:

1. Прогрев двигателя.
2. Испытания двигателя с регистрацией показателей его работы при различной частоте вращения коленчатого вала без нагрузки и под нагрузкой без воздействия ГТЧК на топливо и двигатель.
3. Воздействие ГТЧК на неработающий двигатель и используемое им топливо в течение 60 минут.
4. Прогрев двигателя.
5. Испытания двигателя с регистрацией показателей его работы при различной частоте вращения коленчатого вала под нагрузкой с сохранением воздействия ГТЧК на двигатель.

Испытания проводились с 10-кратной повторностью.

Автоматизированная система стендовых испытаний ДВС установлена в лаборатории «Транспортной энергетики и интеллектуальных бортовых систем» СПбГАСУ. Во время испытаний температура окружающего воздуха в помещении составляла +20 … +22 °С. Результаты испытаний представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты стендовых испытаний ДВС без воздействия ГТЧК на топливо и двигатель

Параметр	Значение									
Нагрузка, кг*м	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
FREQ, об/мин	800	1800	2240	2480	2880	840	1240	2080	2520	3200
JAIR, кг/час	17,1	24,7	31,5	33,1	40,9	11,7	14	25,1	24,4	31,8
JGBC, мг/ткт	165,33	115,33	116,67	110,67	113,33	116,67	98,67	98,81	80	80
JQT, л/час	1,4	2,2	2,8	2,9	3,5	1	11,3	10	2,1	2,7

THR, %	3	2	3	4	5	0	2	1	4	6
INJ, мсек	3,6	2,69	2,81	2,73	2,81	3	2,58	2,48	2,06	2,06
TWAT, °C	93	95	101	99	99	97	93	97	95	97
CO, %	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
CO2, %	12,4	14,2	13,4	13,5	13,5	12,4	14,1	13,6	13,6	13,7
HC, %	26	77	49	38	30	75	36	24	32	28
O2, %	2,86	2,59	2,73	2,73	2,73	3,13	3,27	3,27	3,27	3,27
NOx, %	1,16	1,122	1,14	1,139	1,139	1,172	1,16	1,166	1,166	1,166

Принятые обозначения:
FREQ – показания датчика оборотов коленчатого вала двигателя, об/мин;
JAIR – массовый расход воздуха, кг/час;
JGBC – количество топлива, впрыскиваемого в цилиндр двигателя за 1 такт, мг/ткт;
JQT – расход топлива, л/час;
THR – процент открытия дроссельной заслонки, %;
INJ – длительность впрыска, мсек;
TWAT – температура охлаждающей жидкости, °C
CO – объемное содержание CO в отработавших газах, %
CO2 – объемное содержание CO2 в отработавших газах, %
HC – объемное содержание CH в отработавших газах, ppm
O2 – объемное содержание O2 в отработавших газах, %
NOx – объемное содержание NOx в отработавших газах, %

Таблица 2

Результаты стендовых испытаний ДВС после воздействия ГТЧК на топливо и двигатель с сохранением воздействия ГТЧК на двигатель в процессе испытаний

Параметр	Значение						
Нагрузка, кг*м	1	1	1	1	1	1	1
FREQ, об/мин	960	1960	2280	2480	2800	2200	1560
JAIR, кг/час	18,4	23,4	27,3	30,4	35,1	24,0	29,6
JGBC, мг/ткт	165,33	96	99,33	100,67	101,33	90	170,67
JQT, л/час	1,7	2,0	2,4	2,6	3,0	2,1	2,8
THR, %	0	3	4	5	6	3	6
INJ, мсек	3,65	2,35	2,39	2,46	2,46	2,2	3,74
TWAT, °C	90	93	91	97	95	93	97
CO, %	0,26	0,10	0,08	0,06	0	0	0
CO2, %	5,2	13,1	13,3	13,3	13,5	13,8	13
HC, %	1562	100	96	81	65	62	46
O2, %	1,77	2,04	2,04	2,04	2,18	2,18	2,32
NOx, %	1,029	1,1	1,099	1,1	1,109	1,107	1,122

Результаты влияния воздействия генератора тяжелых частиц Козырева на топливно-экологические характеристики ДВС представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты влияния воздействия ГТЧК на топливно-экологические характеристики ДВС при экспериментальных исследованиях

Параметр	Значения									
	Без ГТЧ	После ГТЧК	Без ГТЧК	После ГТЧК	Без ГТЧК	После ГТЧК	Без ГТЧК	После ГТЧК	Без ГТЧК	После ГТЧК
Нагрузка, кг*м	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FREQ, об/мин	1040	1040	1800	1840	2240	2200	2480	2520	2880	2800
JAIR, кг/час	18,4	14,6	24,7	21	31,5	24,9	33,1	27,6	40,9	33,9
JGBC, мг/ткт	150	123,3	115,3	98,67	116,7	95,33	110,7	94,67	113,3	98,67
JQT, л/час	1,7	1,4	2,2	1,9	2,8	2,2	2,9	2,5	3,5	2,9
THR, %	0	3	2	5	3	5	4	6	5	7
INJ, мсек	3,4	2,85	2,69	2,41	2,81	2,34	2,73	2,41	2,81	2,42
TWAT, °C	90	90	95	91	101	91	99	99	99	95
CO, %	0,09	0,03	0,04	0,11	0	0,11	0	0,08	0	0,02
CO2, %	13,8	13,1	14,2	13,8	13,4	13,5	13,5	13,7	13,5	13,8
HC, %	87	88	77	87	49	77	38	65	30	44
O2, %	2,73	1,36	2,59	1,36	2,73	1,36	2,73	1,36	2,73	1,5
NOx, %	1,13	1,067	1,122	1,061	1,14	1,062	1,139	1,063	1,139	1,073

На основании полученных данных построены графики, показывающие влияния воздействия ГТЧК на топливные (рис. 2) и экологические (рис. 3) показатели работы ДВС.

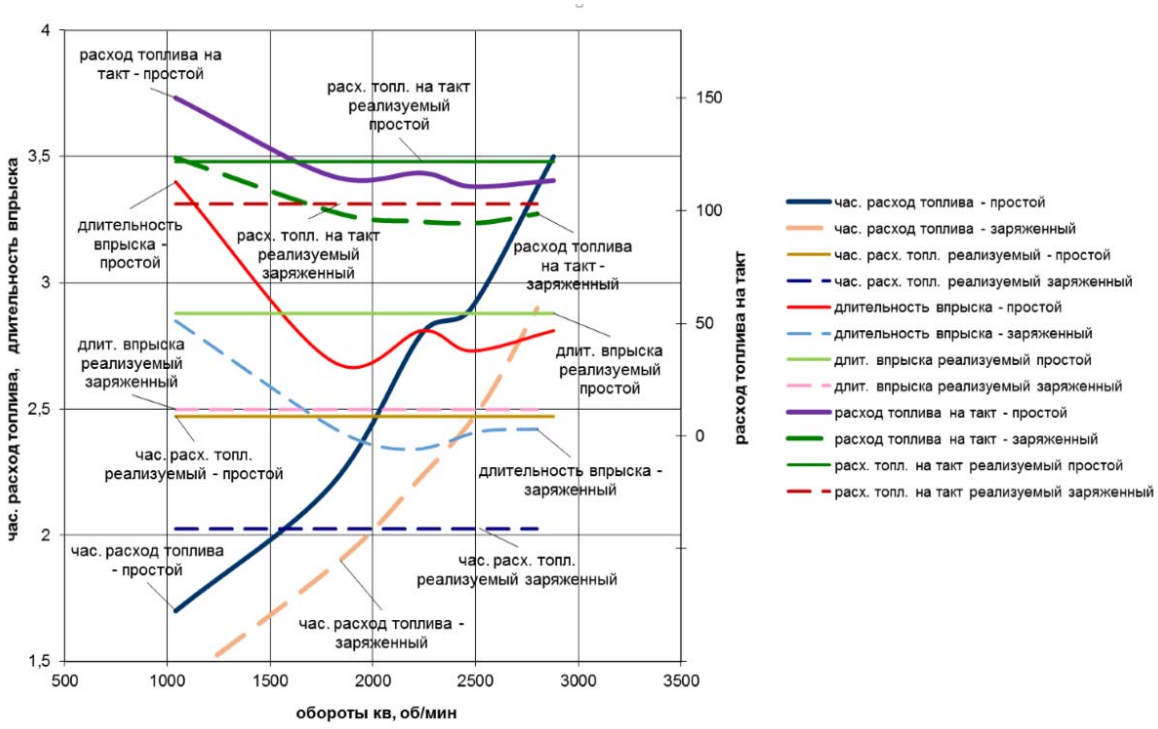


Рис. 2. Топливо-экономические характеристики ДВС при использовании ГТЧК

В результате проведенных экспериментальных исследований работы двигателя без воздействия ГТЧК на топливо и двигатель и с воздействием ГТЧК на топливо и двигатель:

1. Наблюдается изменение параметров, характеризующих расход топлива и экологических показателей в зависимости от воздействия ГТЧК на двигатель и используемое им топливо (рис. 2 и 3).

2. Полученные результаты предварительных экспериментальных исследований указывают на снижение расхода топлива при одновременном изменении содержания вредных компонентов в отработавших газах:

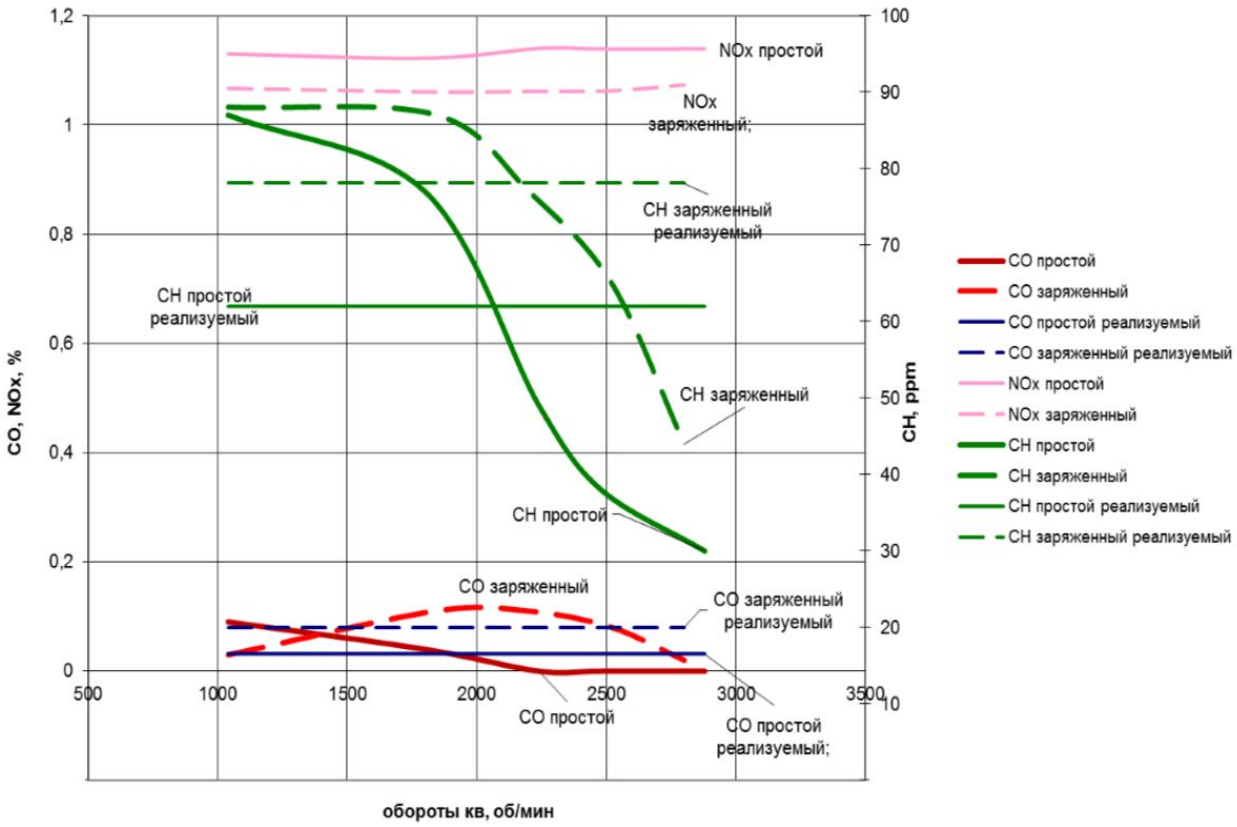


Рис. 3. Экологические характеристики ДВС при использовании ГТЧК

- снижение температуры ДВС на тех же нагрузках (в пределах 20 %);
- снижение расхода топлива (в пределах 20 %);
- снижение концентрации кислорода в выхлопных газах (в пределах 50 %);
- снижение окиси азота в выхлопных газах (в пределах 10 %).

3. Изменение параметров работы двигателя после воздействия ГТЧК может происходить как в результате комплексного влияния на топливо и системы двигателя, так и в результате влияния на единичный фактор, который является первопричиной последующего изменения параметров.

4. Для углубленного изучения механизма воздействия ГТЧК на работу двигателя, оценки качественных и количественных характеристик изменения показателей его работы, разработки рекомендаций по калибровке электронных систем управления двигателя, способов управления ГТЧК необходимо проведение дальнейших комплексных исследований.

Литература

1. *Сафиуллин Р. Н.* Теоретические основы эффективности энергопреобразования в ДВС и методы ее повышения: монография / Р. Н. Сафиуллин; СПбГАСУ. – СПб., 2011. – 231 с.

2. *Керимов М. А.* Оценка и прогнозирование эксплуатационных свойств топлив / М. А. Керимов, Р. Н. Сафиуллин, А. В. Марусин // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 5. – С. 14–16.

УДК 656.1

Александр Иванович Солодкий, д-р экон наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: ASolodkiy@mail.ru

Aleksandr Ivanovich Solodkii, Dr of Economics, Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ASolodkiy@mail.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКТОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПОДД, КСОДД И АСУДД

CLASSIFICATION OF PROJECTS TO DEVELOP ROAD TRAFFIC ORGANIZATION PROJECTS, COMPLEX CIRCUITS OF ROAD TRAFFIC ORGANIZATION AND AUTOMATED ROAD TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS

В работе рассматриваются вопросы классификации различных объектов для целей разработки документации по организации дорожного движения. Определены основные классификационные признаки проектов организации движения, и осуществлена их классификация по этим признакам. Выделены различные варианты проектов организации дорожного движения (ПОДД) для линейных и площадных объектов, комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД) и автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД). Для каждого вида проектов определен набор возможных вариантов с учетом предложенной классификации. Разработанная классификация позволяет определить конкретные типы проектов и номенклатуру задач, решаемых для данного типа проектов.

Ключевые слова: организация дорожного движения, классификация, ПОДД, КСОДД, АСУДД.

The article considers issues of classification of various objects to develop documentation for road traffic organization. Main criteria for classification of road traffic organization projects are defined, and these projects are classified according to these criteria. Various options for road traffic organization projects (RTOP) for linear facilities and square objects, complex circuits of road traffic organization (CCRTO) and automated road traffic management systems (ARTMS) are defined. A set of possible options was selected for each type of projects taking into account the suggested classification. The developed classification allows defining specific types of projects and group of tasks to be solved for such type of projects.

Keywords: road traffic organization, classification, road traffic organization projects, complex circuits of road traffic organization, automated road traffic management systems.

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам организации дорожного движения, принимаются документы, регламентирующие данные вопросы. Разработка документов по организации дорожного движения и управления им выполняется для повышения эффективности функционирования дорожной и улично-дорожной сети при решении задач транспортного обслуживания территорий.

Для целей определения решаемых задач, их специфики, применяемых методов и моделей в задачах по организации дорожного движения и управления им объекты можно классифицировать по следующим признакам:

- масштабу и форме объекта;
- времени действия разрабатываемых решений;
- по функциональному назначению объекта;
- по типу территории прохождения объекта;
- по наличию систем управления движением на объекте;
- по составу участников движения для которых разрабатываются решения по организации движения;
- по направлениям деятельности по организации дорожного движения.

По масштабу и форме объекта их можно разделить на:

- площадные;
- линейные;
- точечные (локальные).

К площадным объектам относятся сеть улиц и дорог на ограниченной по каким-либо признакам территории: муниципальный район, городской округ, городские и сельские поселения, микрорайон, квартал, зона управления движением, транспортный район.

В соответствии с «Правилами подготовки проектов и схем организации дорожного движения» [1] (далее – Правила), разработка КСОДД выполняется для следующих площадных объектов – в границах одного или нескольких муниципальных образований либо их частей, имеющих общую границу, с общей численностью населения свыше 10 тысяч жителей и (или) в границах субъектов Российской Федерации.

ПОД могут разрабатываться на период эксплуатации улиц и дорог или их участков, в отношении сети дорог и (или) их участков на территории одного или нескольких муниципальных образований либо их частей, имеющих общую границу, с общей численностью населения до 10 тысяч жителей и (или) на период эксплуатации дорог или их участков на территории одного или нескольких муниципальных образований либо их частей, имеющих общую границу, либо на меньших по масштабам площадных объектах.

К линейным относятся отдельные улицы и дороги или их участки, либо отдельные маршруты движения определенных категорий участников движения.

В качестве линейных объектов, как правило, рассматриваются отдельные улицы или дороги, либо их участки, а также несколько улиц (их участков), переходящих одна в другую и формирующих единую магистраль. Для решения задач организации движения отдельных категорий участников движения, не характерных для работы улиц и дорог в штатном режиме, могут формироваться маршруты их движения, включающие несколько улиц и (или) дорог (их участков). Наиболее распространенными вариантами формирования маршрутов, требующих разработки специального проекта организации движения, являются маршруты объезда мест временных ограничений движения, перевозки тяжеловесных, негабаритных, опасных грузов, движения участников массовых мероприятий (участников маршей, спортивных (забегов, велопробегов и т. п.) и культурных мероприятий.

К точечным (локальным) объектам относятся отдельные пересечения, перекрестки улиц или дорог, отдельные светофорные объекты.

По времени действия разрабатываемых решений можно выделить проекты, разрабатываемые на:

- период эксплуатации объекта;
- долгосрочную перспективу – не менее 15 лет, либо на срок действия документов стратегического планирования на территории;
- краткосрочный период – на период введения каких-либо ограничений движения на объекте.

Проекты организации движения на период эксплуатации разрабатываются для улиц, дорог или их участков при их строительстве, реконструкции или при обновлении (актуализации) организации движения на них. В соответствии с Правилами, на перспективу не менее 15 лет либо на срок действия документов стратегического планирования на территории разрабатываются КСОДД.

Разработка проектов организации дорожного движения и управления движением (светофорного регулирования) на краткосрочный период осуществляется, как правило, при ограничениях движения, вызванных:

- производством различных видов работ на дорожных объектах (участках улиц или дорог, либо их части);
- производством работ по строительству, реконструкции, ремонту объектов промышленно-гражданского строительства, инженерной инфраструктуры, влияющих на движение транспортных средств и пешеходов;
- проведением публичных и массовых мероприятий, проводимых как непосредственно на сети дорог (спортивно-массовые и культурные мероприятия, проведение кино- и фотосъемок, массовые гуляния, ярмарки, спортивные кроссы, велопробеги, массо-

вые шествия и иные подобные мероприятия), так и для мероприятий, проводимых на объектах вне сети дорог (концерты, международные и национальные спортивные соревнования и иные подобные мероприятия);

- возникновением неблагоприятных природно-климатических условий, в случае снижения несущей способности конструктивных элементов автомобильной дороги, ее участков и в иных случаях в целях обеспечения безопасности дорожного движения;

- повышением интенсивности движения транспортных средств накануне нерабочих праздничных и выходных дней, в нерабочие праздничные и выходные дни, а также в часы максимальной загрузки автомобильных дорог.

По функциональному назначению объекта для целей организации движения можно выделить:

- объекты улично-дорожной сети (участки улиц и дорог);

- объекты промышленно-гражданского строительства, для которых решаются задачи транспортного обеспечения.

В качестве объектов промышленно-гражданского строительства могут рассматриваться отдельные объекты или группы объектов различного функционального назначения, расположенные на рассматриваемой территории, являющиеся объектами генерации и поглощения пассажирских и грузовых потоков.

По типу территории прохождения объекта целесообразно разделять на:

- дороги вне населенных пунктов;

- улицы и дороги населенных пунктов.

Необходимость учета наличия застройки возникает в связи с существенными различиями в работе дорог вне населенных пунктов и улицы и дорог населенных пунктов, различному составу участников движения, а так же методов организации движения на них.

По наличию систем управления движением на объекте подразделяются на объекты:

- с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД);

- без систем управления.

Состав задач по организации движения на улицах и дорогах с наличием и без систем управления движением отличается. На улицах и дорогах с системами управления движением необходимо решение вопросов светофорного регулирования (локального, магистрального или сетевого в зависимости от масштабов объекта управления), а на автомобильных дорогах с наличием магистральных АСУДД вопросов управления скоростным режимом на магистрали и въезда на нее и информационного обеспечения пользователей.

По составу участников движения, для которых разрабатываются решения по организации движения, можно выделить документы по организации дорожного движения для:

- всех участников движения (легковые автомобили, маршрутный пассажирский транспорт общего пользования, грузовые автомобили, велосипедисты, пешеходы);

- маршрутного пассажирского транспорта общего пользования;

- грузовых автомобильных транспортных средств;

- немоторизованных участников движения – пешеходов и/или велосипедистов.

По направлениям деятельности в сфере организации дорожного движения можно выделить документы по:

- формированию сети улиц с односторонним движением;

- формированию сети улиц с реверсивным движением;

- размещению парковок (парковочных мест);

- информационному ориентированию участников движения (размещению информационно-указательных дорожных знаков индивидуального проектирования);

- оптимизации режимов работы светофорного регулирования (светофорных объектов);

- развитию АСУДД;
- организации взимания платы на объекта улично-дорожной сети.

С учетом вышеперечисленных признаков может разрабатываться следующая документация по организации и управлению движением:

1. **КСОДД – для площадных объектов** – улично-дорожной сети территории населенных пунктов (застроенных территорий) в границах одного или нескольких муниципальных образований либо их частей, имеющих общую границу, с общей численностью населения свыше 10 тысяч жителей и (или) в границах субъектов Российской Федерации. КСОДД разрабатывается на перспективу не менее 15 лет либо на срок действия документов стратегического планирования имеющихся для данной территории, для всех участников движения (легковые автомобили, маршрутный пассажирский транспорт общего пользования, грузовые автомобили, велосипедисты, пешеходы). В состав улично-дорожной сети территорий, для которых разрабатывается КСОДД, могут входить объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления.

2. **ПОДД для площадных объектов**:

- ПОДД на улично-дорожной сети территории проектирования населенных пунктов на постоянную эксплуатацию этой сети для всех участников движения, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД маршрутного пассажирского транспорта общего пользования на улично-дорожной сети территории проектирования населенных пунктов на постоянную эксплуатацию этой сети, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД грузовых автомобильных транспортных средств на улично-дорожной сети территории проектирования населенных пунктов на постоянную эксплуатацию этой сети для всех участников движения, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД немоторизованных участников движения – пешеходов и (или) велосипедистов на улично-дорожной сети территории проектирования населенных пунктов на постоянную эксплуатацию этой сети для всех участников движения, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД на улично-дорожной сети территории населенных пунктов, обеспечивающей транспортное обслуживание объектов промышленно-гражданского строительства, являющихся объектами генерации и поглощения пассажирских и грузовых потоков на постоянную эксплуатацию этой сети для всех участников движения, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД на улично-дорожной сети территории в зоне тяготения участков улиц и дорог населенных пунктов, на которых вводятся временные ограничения движения на период этих ограничений для всех участников движения, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД на дорожной сети территории в зоне тяготения участков дорог вне населенных пунктов, на которых вводятся временные ограничения движения на период этих ограничений для всех участников движения, включая объекты с наличием систем управления (светофорного регулирования, магистральных АСУДД) и без систем управления;
- ПОДД на улично-дорожной сети территории в зоне тяготения объектов строительства, реконструкции, ремонта объектов промышленно-гражданского строительства,

инженерной инфраструктуры в населенных пунктах на период производства работ для всех участников движения;

- ПОДД на улично-дорожной сети территории проектирования в населенных пунктах по формированию сети улиц с односторонним движением;

- ПОДД на улично-дорожной сети территории проектирования в населенных пунктах по формированию сети улиц с реверсивным движением;

- проект организации парковочного пространства (размещения парковок);

- проект организации информационного ориентирования участников движения (размещения информационно-указательных дорожных знаков индивидуального проектирования).

ПОДД для линейных объектов:

- ПОДД на улице (участке улицы) с регулируемым движением (наличием систем управления движением) на постоянную эксплуатацию для всех участников движения;

- ПОДД на улице (участке улицы) с нерегулируемым движением на постоянную эксплуатацию для всех участников движения;

- ПОДД на дороге (участке дороги) с системой управления движением на постоянную эксплуатацию для всех участников движения;

- ПОДД на дороге (участке дороги) без системы управления движением на постоянную эксплуатацию для всех участников движения;

- ПОДД на улице (участке улицы) с регулируемым движением (наличием систем управления движением) на период ограничений движения для всех участников движения;

- ПОДД на улице (участке улицы) с нерегулируемым движением на период ограничений движения для всех участников движения;

- ПОДД на дороге (участке дороги) с системой управления движением на период ограничений движения для всех участников движения;

- ПОДД на дороге (участке дороги) без системы управления движением на период ограничений движения для всех участников движения;

- ПОДД на маршруте движения участников публичных и массовых мероприятий на период проведения мероприятия для всех участников движения;

- ПОДД на маршруте движения транспортных средств, перевозящих крупногабаритные и (или) тяжеловесные, и (или) опасные грузы на период обеспечения этой перевозки для всех участников движения;

- ПОДД на маршруте объезда участка улицы с временным ограничением движения для всех участников движения;

- ПОДД на маршруте объезда участка дороги с временным ограничением движения для всех участников движения.

ПОДД для точечных (локальных) объектов:

- ПОДД на перекрестке улиц для всех участников движения;

- ПОДД на пересечении дорог (в одном или разных уровнях) для всех участников движения.

3. **Проекты АСУДД:**

- для площадных объектов – проект управления движением на улично-дорожной сети части территории населенного пункта, выделенной в качестве зоны управления движением для проектируемой локальной АСУДД;

- для линейных объектов – проект управления движением на улице (участке улицы), выделенной в качестве зоны управления движением для проектирования городской АСУДД;

- для линейных объектов – проект управления движением на автомобильной дороге (участке дороги), выделенной в качестве зоны управления движением для проектирования магистральной АСУДД;

- для точечных (локальных объектов) – проект светофорного объекта перекрестка.

Предложенная классификация проектов организации движения и управления им позволила получить полную номенклатуру возможных видов проектов, для каждого из которых может быть сформирован набор задач, решаемых при проектировании, и определены виды транспортных моделей, которые целесообразно применять для решения этих задач.

Литература

1. Правила подготовки проектов и схем организации дорожного движения: утверждены приказом Минтранса России от 17 марта 2015 г. № 43. – М., 2015. – 15 с.

СЕКЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ

УДК 37.037:378.18

Константин Петрович Бакешин, канд. пед. наук, доцент
(Санкт–Петербургский государственный архитектурно–строительный университет)
E-mail: fiz.vos@spbgasu.ru

Konstantin Petrovich Bakeshin, PhD of Pedagogic Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: fiz.vos@spbgasu.ru

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ

DIFFERENTIATED APPROACH AND EVALUATION CRITERIA FOR ASSESSEMENT OF STUDENTS' PHYSICAL FITNESS

В статье раскрываются некоторые особенности дифференцированного подхода и критерии оценки физической подготовленности студентов с учетом индивидуальных особенностей организма и качественных характеристик двигательных действий (ритмичности, точности движения, равновесия и других), отражающих уровень физической подготовленности занимающихся; пути определения валидных критериев оценки уровня физической подготовленности занимающихся, в основе которых лежат результаты исследований специалистов по медицине, антропологии, биологии и психологии. Указывается на необходимость единого методологического подхода к оценке результатов физической подготовленности студентов.

Ключевые слова: дифференцированный подход, критерии, физическая подготовленность, физическое воспитание, физическая культура, студент.

The article describes a range of peculiarities of the differentiated approach and assessment criteria for physical fitness of students, taking into consideration the individual characteristics of their bodies and qualitative characteristics of their physical actions (rhythmicity, precision of movement, sense of equilibrium and others) that reflect physical fitness of the student; ways of defining valid criteria for assessment of students' physical fitness, which are based on research results in medicine, biology and psychology. It is noted that a uniform methodological approach to assessment of students' physical fitness is necessary.

Keywords: differentiated approach, criteria, physical fitness, physical education, physical training, student.

Физическое воспитание в вузах является составной частью системы общего образования и воспитания студентов, подготовки их к эффективной реализации своего трудового потенциала. Как и по другим академическим дисциплинам, согласно государственным образовательным программам, существует методика оценки результативности дисциплины «Физическая культура».

Практика показывает, что достаточно высокий процент студентов не в состоянии выполнить установленные программой нормативы. Сложившийся в физическом воспита-

нии методологический подход, опирающийся на среднестатистическую норму, не обеспечивает доступ к получению объективной и своевременной информации о состоянии и динамике физической подготовленности каждого студента.

Использование существующих средств и методов проверки и оценки физической подготовленности студентов, без учета их индивидуальных особенностей, не позволяет достигать должного эффекта.

Объективная, количественная и качественная информация об индивидуальном уровне физической подготовленности может влиять на формирование у занимающихся положительной мотивации к достижению более высоких результатов и занятиям физическими упражнениями.

В последние годы активно разрабатываются методики дифференцированного подхода и определяются валидные критерии оценки физической подготовленности каждого занимающегося. Дифференцированный подход стал возможным в связи с исследованиями специалистов по медицине, антропологии, биологии и психологии, установивших индивидуально–типологическую изменчивость, определяющую природные способности человека, которые необходимо развивать в процессе физического воспитания.

В научной литературе по физическому воспитанию учащейся молодежи, с учетом дифференцированного подхода, обращается внимание на возможность использования различных характеристик организма. В частности, это показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем, типа нервной системы и др.

Так, например, установлена взаимосвязь физической подготовленности и работоспособности занимающихся с изменением липидного обмена крови при различных двигательных режимах [1].

Показатели периферического кровообращения могут характеризовать способность организма к выполнению работы в анаэробных условиях (бег на короткие дистанции) и использоваться в комплексной оценке уровня физической подготовленности [2].

Определенный интерес для обоснования дифференцированного подхода представляет соматип человека. Установлено [3], что астеники, нормостеники и гиперстеники имеют отличные друг от друга особенности развития моторики, изначально обусловленные различиями в морфофункциональных показателях сердечно-сосудистой, мышечной и других систем организма. Выявлено наличие индивидуальной типологической изменчивости не только в показателях физического развития, но и в типах гемодинамики, типах мышечной работоспособности, с учетом специфики мышечных нагрузок.

Большинство методических рекомендаций по оптимизации процесса физического воспитания в вузах направлено на развитие физических качеств занимающихся. В то же время, развитию двигательных координаций, являющихся важной качественной стороной двигательной деятельности и отражающих уровень физической подготовленности занимающихся, а также критериям их оценки уделяется недостаточно внимания. Двигательные координации характеризуются определенным чередованием мышечных усилий, их перераспределением, акцентированием, точностью восприятия и воспроизведения временных и пространственных параметров движения. Прирост показателей двигательных координаций у занимающихся определяется не только индивидуальными особенностями физического развития, но и степенью синхронизации двигательных и вегетативных функций организма.

В исследованиях ряда авторов [4; 5 и др.] указывается на тесную взаимосвязь двигательных координаций (ритмичности, точности движения, равновесия и др.) со скоординированностью ритма двигательной, сердечно–сосудистой и других физиологических систем с ритмом двигательных актов.

В условиях работы кафедр физического воспитания основными показателями, позволяющими судить о физической подготовленности занимающихся, были и остаются испытания в двигательных тестах. Стандартные традиционные тесты и оценочные шкалы,

предусмотренные Государственной программой по физической культуре для вузов и комплексы ГТО фактически выполняют роль государственной системы контроля за физической подготовленностью населения.

Многие исследователи [6; 7 и др.] считают, что для поддержания высокой умственной и физической работоспособности студентов акцент в своей работе преподаватели физической культуры должны делать, прежде всего, на развитие выносливости с применением нагрузок в аэробном режиме.

Реализация в учебно-тренировочном процессе дифференцированного подхода при развитии выносливости аэробного типа заключается в оценке величины физической нагрузки по продолжительности и интенсивности для каждого студента с учетом состояния здоровья и уровня физической подготовленности. Продолжительность бега от 10 до 30 минут, при частоте сердечных сокращений в пределах 150–170 уд/мин. Величина физической нагрузки особенно на начальном этапе подготовки к сдаче нормативов в беге на выносливость должна повышаться постепенно, за счет увеличения объема (длина дистанции и время ее преодоления), но не за счет интенсивности бега.

Результаты тестирования занимающихся следует оценивать с позиций объективных критериев. При однородном составе испытуемых тестирование физической подготовленность подчиняется закону нормального распределения [8; 9] и базируется на оценках сигмовидной шкалы.

Однако сравнительный анализ табличного материала программ по дисциплине «Физическая культура» для вузов [9; 10 и др.] свидетельствует о том, что нормативы в беге на выносливость базируются на разных шкалах оценок: у мужчин – регрессирующая шкала, а у женщин – сигмовидная. Нормативные требования по целому ряду тестов рассчитываются с использованием не одной, а нескольких различных оценочных шкал, что указывает на отсутствие единого методологического подхода к оценке результатов физической подготовленности студентов.

Заслуживает внимания разработка специалистов по физической подготовке в Вооруженных силах Российской Федерации [11]. Физическая подготовленность мужского и женского контингента оценивается по 100 бальной шкале с определением порогового уровня (минимума) в 26 баллов. Комплексная оценка уровня физической подготовленности выводится из результатов тестирования военнослужащих в трех упражнениях. Например: подтягивание на перекладине, бег на 100 м., бег на 3000 м.

Распределение оценок физической подготовленности по уровням представлено в таблице.

Таблица оценки физической подготовленности военнослужащих

Пороговый уровень, минимум баллов в одном упражнении	Оценка физической подготовленности в трех упражнениях		
	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»
26	170	150	120

Использование такого подхода к оценке результатов тестирования позволяет каждому военнослужащему повысить свою комплексную оценку за счет максимального результата в одном из упражнений.

Различные методологические подходы к оценке результатов тестирования студентов затрудняют определение индивидуальных норм и норм достаточной профессиональной физической подготовленности. Необходимо совершенствовать государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования и программы по дисциплине «Физическая культура», искать новые формы и методы практической работы, позволяющие создать модель системы критериев физической подготовленности студентов.

Литература

1. *Усков Г. В.* Физическая подготовленность и липиды крови при различных режимах двигательной деятельности / Г. В. Усков // Теория и практика физической культуры. – 2002.– № 2.– С. 41–42.
2. *Замостян В. П.* Оценка физической подготовленности тренирующихся по программе комплекса ГТО по показателям периферического кровообращения / *В. П. Замостян*, *А. Г. Раковичи* // Теория и практика физической культуры. – 1976.– № 4.– С. 53–55.
3. *Яковлев Ю. В.* Типологический подход к оценке физической подготовленности студентов / Ю. В. Яковлев // Физическая культура студентов. Материалы 62-й Санкт-Петербургской межвузовской научно-практической конференции. – СПб., 2013. – С. 77–81.
4. *Старкова Е. В.* Развитие двигательных координаций у студентов в учебном процессе по физическому воспитанию / Е. В. Старкова // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 11. – С. 25–28.
5. *Костюнина К. И.* Влияние развития ритмичности на прирост показателей двигательных координаций / К. И. Костюнина, А. В. Чернышева // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 4. – С. 68–70.
6. *Амосов Н. М.* Режим здоровья – режим ограничений и нагрузок / Н. М. Амосов // Наука и жизнь. – 1972. – № 2. – С. 43–50.
7. *Коробков А. В.* Разработка проблем мышечной активности / А. В. Коробков, Г. Г. Саноян // Теория и практика физической культуры. – 1970. – № 5. – С. 78–80.
8. *Бондаревский Е. Я.* Статистическое распределение результатов физической подготовленности студентов / Е. Я. Бондаревский, В. П. Парнас, Ю. Г. Данилов // Теория и практика физической культуры. – 1975. – № 8. – С. 50–54.
9. *Кобяков Ю. П.* О нормативном обеспечении предмета «Физическая культура» в вузах / Ю. П. Кобяков // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 5. – С. 46–47.
10. Физическая культура. Примерная учебная программа для педагогических высших учебных заведений / сост. Н. И. Алексеев, В. В. Абросимов. – Бийск: НИЦ БиГПИ, 1995. – 50 с.
11. Наставление по физической подготовке в Вооруженных силах Российской Федерации / ред. Лукашов В. Н. – М., 2013. – 248 с.

УДК 796

Василий Васильевич Вольский, канд. пед. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: www1962@mail.ru

Vasily Vasilyevich Volskiy , PhD of Pedagogic Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: www1962@mail.ru

ЭКОНОМИКА В РАЗДЕЛЕ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

ECONOMICS OF PHYSICAL EDUCATION AND PHYSICAL DEVELOPMENT OF STUDENTS OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Экономика физической культуры и спорта является прикладной дисциплиной, занимающейся изучением методов решения теоретических и практических задач, которые возникают в сфере спортивных отношений, связанных с использованием трудовых, финансовых и прочих ресурсов. В настоящей статье рассмотрены основы экономики физического воспитания и развития студентов ВУЗов, в частности роль и влияние физического воспитания на профессиональную деятельность студентов, а также опыт организации системы управления физическим воспитанием и развитием студентов.

Ключевые слова: физическое воспитание, студенты, экономика, финансирование, спортивные отношения.

Economics of physical training and sports is an applied science that studies methods to solve theoretical and practical tasks that appear in the field of sport relationships connected with the use of labor, financial and other resources. This article considers the basic principles of economics of physical education and physical development of students of higher educational institutions, in particular, the role and influence of physical education on the professional activity of students as well as experience in organizing a management system for physical training and development of students.

Keywords: physical education, students, economics, financing, sport relationships.

Введение

Образование является одной из важнейших сфер социальной жизни общества, от функционирования которой зависит интеллектуальное, культурное и нравственное состояние общества. Конечный результат данной сферы деятельности сводится к образованности индивида, то есть к его новому качеству, которое выражается в совокупности приобретенных знаний, умений и навыков [1, с. 85].

В числе наиболее важных социально-экономических прав и свобод человека можно отметить право на образование, являющееся одним из наиболее существенных конституционных социальных прав человека, которое создает предпосылки для дальнейшего развития как отдельной личности, так и всего общества.

Российская политика в сфере образования отражает следующее тенденции современного социально-экономического развития общества:

- ускорение темпов общественного развития, вызывающее необходимость повышения уровня готовности граждан к изменениям;
- переход к информационному, постиндустриальному обществу;
- расширение масштабов межкультурного взаимодействия;
- рост числа глобальных проблем, решение которых возможно только при условии сотрудничества с мировым сообществом, требующим формирования современного мышления у молодого поколения;
- динамичность развития экономических процессов, усиление конкуренции, сокращение сферы неквалифицированного труда;
- повышение роли человеческого капитала и пр. [1, с. 121].

Современная отечественная система образования выступает немаловажным фактором, обеспечивающим сохранение места России в числе ведущих стран мира, обладающей высоким уровнем культуры, образования и науки.

В настоящее время, когда внешняя среда оказывает достаточно сильное вредное воздействие на человеческий организм, каждый должен стремиться к укреплению своего здоровья, чему способствует физическое развитие и воспитание.

Роль физической культуры для студентов высших учебных заведений заключается в том, что хорошее физическое развитие создает предпосылки для полноценной умственной деятельности, которая требует значительного напряжения физических сил.

Физическое развитие и воспитание студентов ВУЗов направлено на решение следующих задач:

- сохранение и укрепление здоровья студентов;
- воспитание у студентов высоких волевых и моральных качеств;
- обеспечение всестороннего развития студентов;
- повышение работоспособности и многих других [1].

Все вышеизложенное, свидетельствует о высокой роли поиска и применения эффективных методов экономики в сфере физического воспитания и развития студентов современных высших учебных заведений.

Современная система высшего образования в целом испытывает ряд трудностей и проблем, в частности и в сфере физического развития и воспитания студентов:

1) сокращение числа студентов, посещающих различные спортивные секции;
2) нехватка спортивного инвентаря и оборудования;
3) ухудшение состояния спортивных сооружений и пр.

Необходимым условием повышения физической подготовленности и здоровья студентов на современном этапе экономического развития выступает заинтересованное отношение к спорту и физической культуре.

Учебная деятельность в высших учебных заведениях регламентирована и обеспечена документами федерального уровня, в частности требованиями государственного образовательного стандарта, что создает предпосылки для повышения качества и эффек-

тивности учебного процесса. В то время как в сфере внеучебной деятельности ситуация складывается по-иному.

Финансирование внеучебной работы со студентами ВУЗов осуществляется за счет двух основных источников:

- бюджетные средства, выделяемые ВУЗам на организацию секционной работы;
- средства профсоюзов, направляемые на проведение физкультурно-массовой работы в ВУЗах, в частности организацию на их базе различных спортивных клубов [3].

В связи с нехваткой бюджетных средств финансирование сферы физического воспитания и развития студентов сопряжено с рядом значительных трудностей, поэтому в сфере экономики в сфере физического воспитания и развития студентов ВУЗов остро стоит проблема поиска новых источников финансирования.

На взгляд автора настоящей статьи, создание эффективной системы управления физическим развитием и воспитанием студентов ВУЗа должно основываться на следующих основных принципах:

- гармоничность сочетания учебной и физкультурно-массовой, спортивной и оздоровительной деятельности;
- финансово-экономическая самостоятельность ВУЗа;
- целостность учебной и физкультурно-массовой, спортивной и оздоровительной деятельности.

Федеральный закон «Об образовании в Российской федерации» и Типовое положения о ВУЗе дают полномочия ВУЗам создавать необходимые подразделения, а ректорам – возможности юридического лица.

В частности, достаточно перспективным направлением организации физического развития и воспитания студентов современных ВУЗов является создание структурных подразделений – физкультурно-оздоровительных центров (далее по тексту – ФОЦ).

Как правило, в эти подразделения входят кафедра физического воспитания, существующий в ВУЗе спортивный комплекс и другие спортивные сооружения. ВУЗ правомочен издавать, изменять и дополнять Положения, нормативные акты, обязательные для исполнения ФОЦ. Заведующий кафедрой физического воспитания на основании нормативных документов ВУЗа руководит всей деятельностью и организует работу ФОЦ в соответствии с прописанными в доверенности полномочиями.

Таким образом, ФОЦ обеспечивает единство и целостность учебной и внеучебной, финансово-экономической, а также хозяйственной деятельности.

Выводы

В наше время, в условиях рыночной конкуренции и дефицита квалифицированных работников в области физической культуры и спорта, не теряет свою актуальность вопрос о содержании подготовки специалистов. Возрастающая динамика экономических условий на рынке труда нуждается в специалистах по управлению в данной отрасли, умеющих принимать грамотные решения.

На рынке труда выпускнику ВУЗа необходимо выиграть у своих конкурентов состязание за трудоустройство на достойное рабочее место, соответствующее полученной в ВУЗе специальности, за счет лучшей профессиональной подготовленности и личностных качеств, требуемых работодателем на рабочем месте и его субъективным предпочтениям.

В связи с этим, можно сделать вывод, что управленцу в отрасли физической культуры и спорта необходима широкая междисциплинарная подготовка, включающая цикл социально-экономических дисциплин: финансы и экономика, менеджмент, маркетинг и аудит физической культуры и спорта. Такая подготовка требует увеличить информационное поле, что способно повысить управленческую компетентность.

Литература

1. *Краснова Е. Н.* Значение подготовки бакалавра физической культуры к управленческой деятельности в современных социально-экономических условиях / Е. Н. Краснова // Молодой ученый. – 2012. – № 2. – С. 274–277.
2. *Тенилов Е. А.* Формирование конкурентоспособности будущего специалиста-педагога в ВУЗе / Е. А. Тенилов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 1. – С. 63–66.
3. *Хазова С. А.* Конкурентоспособность будущих специалистов по физической культуре и спорту / С. А. Хазова // Эйдос: интернет-журнал. – URL: http://www.eidos.ru/journal (дата обращения: 22.03.2016).

УДК 796

Владимир Дмитриевич Гетьман, канд. пед. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: grossgep@mail.ru

Vladimir Dmitriyevich Getman, PhD of Pedagogic Sci., professor,
(Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering)
E-mail: grossgep@mail.ru

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЛИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ ФИЗКУЛЬТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL DEVELOPMENT OF PERSONALITY IN SPORTS

В психолого-педагогической и специальной литературе проблеме психологического развития в условиях физкультурной деятельности уделяется особое внимание. Отсутствие стремления к развитию приводит к девальвации личностных начал и даже к распаду личности. Метафизическая концепция развития личности исходит из положения, что естественным состоянием психики является состояние покоя, равновесия и стимулом к развитию могут выступать лишь внешние факторы. По существу, эта концепция отрицает самодвижение, стремление личности к развитию и саморазвитию. Поэтому целесообразно провести краткий анализ существующих подходов к проблеме развития, выделить ее содержание, составляющие компоненты и основные направления ее исследования.

Ключевые слова: личность, психология, социально-психологическое развитие, физкультурная деятельность и образование.

In psychological, pedagogical and special literature, special attention is paid to the problem of psychological development in sports. Lack of motivation for development leads to the devaluation of personality and even personality disintegration. Metaphysical concept of personality development has a default hypothesis that a natural psycho state is the state of rest and balance, while only external factors can stimulate the development. Essentially, this concept denies self-motion and personal motivation for development and self-development. It is, therefore, reasonable to make a short analysis of the existing approaches to the problem of development, and define its content, components and study directions.

Keywords: personality, psychology, social and psychological development, sports and education.

Личность – системный объект высочайшей степени сложности и пластичности, находящийся в постоянном становлении и развитии. Развитие означает возникновение качественно новых психологических образований, переход системы на более высокий уровень функционирования психики. Целостность, стабильность и устойчивость психологической организации личности, в то же время сочетается с постоянным чувством своей незавершенности и непрерывным стремлением выйти за пределы привычного, стандартного, уже сформировавшегося образа жизни. Это стремление служит основным способом существования личности, основной ее жизненной потребностью.

Желание своего будущего и есть желание развития, достижения своего совершенства. И чем более зрелой в физическом, психологическом и социальном смысле становится личность, тем более возрастает ее потребность к дальнейшему развитию и совершенствованию. Отсутствие стремления к развитию приводит к девальвации личностных начал и даже к распаду личности. Метафизическая концепция развития личности исходит из положения, что естественным состоянием психики является состояние покоя, равновесия

и стимулом к развитию могут выступать лишь внешние факторы. По существу, эта концепция отрицает самодвижение, стремление личности к развитию и саморазвитию.

С. Л. Рубинштейном выдвинут методологический принцип, согласно которому личность проявляется и развивается в деятельности. Принцип деятельностного опосредования психологического развития личности является общепризнанным в отечественной психологической науке. Только в своей практической деятельности личность может адекватно оценить свои возможности и способности, сформировать программу своего саморазвития.

Но предметно практическая деятельность и возникающие объектно-субъектные отношения составляют лишь один аспект проблемы психологического развития личности. Какие бы формы и виды не приобретала человеческая деятельность, и в каких бы пространственно-временных условиях она не осуществлялась, нельзя игнорировать ее социальную обусловленность, деятельность вне общественных отношений осуществляться не может. Совместно выполняемая деятельность невозможна и без непосредственных связей и взаимоотношений между людьми, без общения. Общение органически вплетено в совместную деятельность, служит важным способом ее регуляции.

Общение имеет свои специфические особенности в зависимости от целей, задач и содержания деятельности. Если общение в условиях трудовой деятельности не имеет самостоятельного значения и служит средством, обслуживающим трудовую деятельность, то в физкультурно-групповой деятельности общение приобретает статус самостоятельного феномена – вида коммуникативной деятельности [1]. Таким образом, деятельность и общение выступают обязательными личностно развивающими факторами, и их следует рассматривать с точки зрения, в какой мере они обеспечивают развитие личности.

Когда идет речь о всестороннем развитии личности, то подразумевается, что это развитие будет гармоничным. В психологии под гармоничным развитием личности подразумевается гармоничное развитие когнитивных, эмоциональных и волевых компонентов психики индивида в их взаимосвязи и взаимообусловленности. В социальной психологии под гармоничным развитием личности имеется в виду, прежде всего, гармония отношений между личностью и обществом, развитие социальных качеств, связей и отношений, позволяющие успешно взаимодействовать личности с окружающим социумом. В теории физической культуры под гармоничным развитием личности подразумевается гармония физических, умственных и духовных сил человека.

Всесторонность и гармоничность развития личности в диалектическом понимании охватывает не все ее стороны и качества, которые сами по себе неисчерпаемы. Он включает лишь те необходимые существенные стороны личности, которые составляют ее специфическую определенность в системе человеческой практики и из которых складывается ее сущность. Всесторонность и гармоничность отнюдь также не означает соразмерное развитие существенных сторон личности, этого добиться практически и невозможно, а лишь те стороны личности, которые обеспечивают свободную реализацию личности в основных видах социальной деятельности. Это означает, что добиться соразмерного развития физических, умственных и духовных сил практически невозможно [2].

В результате социально-психологического развития личности формируются качественно новые ее социально-психологические свойства, которые подразделяются на две группы. К первой группе относятся свойства личности, регулирующие ее взаимоотношения с окружающим социумом на макроуровне. Они обеспечивают социальную адаптацию и социализацию личности к социуму посредством усвоения социальных норм и стандартов поведения, общественных традиций и обычаев.

Ко второй группе относятся свойства, регулирующие ее взаимоотношения социальным окружением на микроуровне – семье, учебном коллективе, спортивной команде и т. п. Они отражают социальное положение личности в группе – ее социальный статус, способность к выполнению определенной социальной роли и т. д.

Личность должна «приспосабливаться» к своему будущему, иначе не будет развития личности. Задачи настоящего момента приводят к обеднению психологической организации личности, поскольку такие задачи требуют уровня способностей ниже возможностей человека, а задачи прошлого приводят к неврозам, психотравмам [3]. Способствовать развитию личности может лишь осуществление задач будущего. Их невозможно решить при помощи имеющихся знаний, умений, навыков, они служат потенциалом развития личности, но не его целью.

Знания, умения и навыки не цель и физкультурного образования, а лишь его средства. Цель физкультурного образования заключается в полноценном развитии личности. Переход от парадигмы знаний, умений, навыков к социокультурной системе, интегрированная в физкультурной деятельности, культуре образа жизни и психофизическом здоровье – главная цель физкультурного образования в современном российском обществе.

Уточнение некоторых общих положений социально-психологического развития личности и социальных отношений позволяет перейти к рассмотрению как эти положения реализуются в условиях физкультурной деятельности – наиболее массового, доступного и популярного вида деятельности в сфере досуга человека. Цель физкультурной деятельности в сфере досуга заключается не только в повышении уровня физической подготовки и спортивном совершенствовании, но и в развитии личности и социальных отношений. К сожалению, возможности физкультурной деятельности в этом направлении еще недооцениваются, используются обществом и самой личностью далеко не в полной мере.

Современные концепции психологического развития личности в условиях физкультурной деятельности базируются в основном на структурно-функциональном подходе. Выделяется некий набор психологических свойств личности, обеспечивающие поступательное ее развитие. Однако чисто структурно-функциональный подход к построению концепции психологического развития личности, признание внутренней развитости личности на основе описания каких-либо устойчивых свойств и использование строгих статистических методов ее исследования все более обнаруживают свою ограниченность. При таком подходе не учитывается движение личности, а тем более ее развитие, переход с одного уровня развития на другой, качественно более высокий уровень.

Социально-психологическое развитие личности происходит не только за счет требований общества к здоровью своих членов, необходимость соблюдения в этих целях здорового образа жизни. Личность – объект и субъект своего собственного развития. Саморазвитие – это такое сознательное целенаправленное изменение личности, в результате которого она становится способной к постановке разнообразных и все более сложных стратегических задач, которые образуют смысл жизни. Принцип саморазвития личности заключается не в приспособлении к социальным условиям своей жизнедеятельности и не использование имеющихся возможностей самой личности, а предусматривает создание и преобразование условий, обеспечивающих поступательное ее развитие.

Основу саморазвития личности составляет самопознание. Знание своей самости, кто есть «Я», позволяет адекватно оценить свои возможности и способности. «Я-концепция» – относительно устойчивая, в большей или меньшей степени осознаваемая, переживаемая как неповторимая система представлений личности о самой себе. Формирование «Я-концепции» становится реальным способом оценки результатов своей деятельности, взаимоотношений с другими людьми и служит стимулом к саморазвитию, самосовершенствованию. В рамках исследуемой нами проблемы физкультурного образования военнослужащих определяющими компонентами «Я-концепции» являются следующие компоненты:

1. Физическое «Я» представляет собой осознание личностью своего физического развития и физического здоровья.

2. Психологическое «Я» включает представления личности о своем психологическом развитии и психологическом здоровье.

3. Социальное «Я» отражает способность личности взаимодействовать с окружающим социумом, возможность осуществления совместной деятельности.

Выделенные компоненты «Я-концепции» являются базовыми для субъекта физкультурной деятельности, но отнюдь не исчерпывают всей его сущности. Изменение образа «Я» в процессе жизнедеятельности человека позволяет постоянно вносить коррективы в свое саморазвитие.

Таким образом, социально-психологическое развитие личности и социальных отношений в рамках физкультурной деятельности осуществляется двояким путем: за счет влияния социальных институтов (образования, культуры и др.), а также целенаправленного процесса работы личности над собой.

Заслуживает внимания теоретическая концепция психологического развития личности, разрабатываемая А. В. Петровским [4]. В предлагаемой концепции отмечается необходимость различать два схожих понятия: психология развития личности и психология развивающейся личности. Первое понятие подразумевает развитие личности на уровне психических процессов и свойств, что составляет предмет изучения общей и возрастной психологии. Второе понятие рассматривает личность как развивающуюся динамическую систему в процессе деятельности и общения, формирования социальных связей и отношений, что уже составляет предмет социально-психологического анализа.

В физкультурной деятельности представлены оба уровня – общепсихологический и социально-психологический. Она не может осуществляться без психики человека, выступающая ее регулятором. Но сама деятельность, будучи динамическим процессом и подверженная качественным изменениям, логично предполагает динамизм и изменения психической организации человека, появление новых психических образований, т. е. обеспечивает психическое развитие личности.

Деятельностное опосредование межличностных отношений, безусловно, способствует и развитию самих отношений. Личность органически вплетена в этот процесс, с развитием межличностных отношений происходит развитие и самой личности, что дает основание относить психологическое развитие личности в условиях физкультурной деятельности к развивающейся системе.

Проблема социально-психологического развития личности и социальных отношений в условиях физкультурной деятельности включает множество аспектов, объемна по содержанию, и на современном уровне развития знаний ее нельзя считать решенной. Обозначая право на приоритетность решения данной проблемы за социально-психологической наукой, необходимо отметить, что без консолидации усилий ученых других научных дисциплин она не может быть успешно решена.

Литература

1. *Каган М. С.* Мир общения / М. С. Каган. – М.: Политиздат, 1988. – 172 с.

2. *Фельдштейн Д. И.* Приоритетные направления развития психологических исследований в области образования и самообразования современного человека / Д. И. Фельдштейн // Вопросы психологии. – 2004. – № 6. – С. 7–17.

3. *Баева И. А.* Психологическая безопасность в образовании: монография / И. А. Баева. – М.: Союз, 2002. – 216 с.

4. Психология развивающейся личности: учебное пособие / под ред. А. В. Петровского. – М.: Педагогика, 1987. – 154 с.

УДК 796:378

Наталья Сергеевна Лешева, старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Татьяна Александровна Гринева,
старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Наталия Валерьевна Луткова, канд. пед. наук, доцент
(НГУ физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта)
E-mail: lesheva1974@mail.ru, tatyan-grinev@mail.ru, nataliya_lutkova@mail.ru

Natalya Sergeyevna Lesheva, Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Tatyana Aleksandrovna Grineva,
Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Natalia Valeryevna Lutkova, PhD of Pedagogical Sci., Associate Professor
(Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health)
E-mail: lesheva1974@mail.ru, tatyan-grinev@mail.ru, nataliya_lutkova@mail/ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА НА ЗАНЯТИЯХ АЭРОБИКОЙ

PECULIARITIES OF MOVEMENT SKILL FORMATION AT AEROBICS CLASSES

Статья посвящена особенностям формирования двигательного навыка на занятиях аэробикой. Подробно описаны возможные варианты использования различных видов аэробных занятий, рассматриваются пути и методы развития физических качеств, формирование мышечного корсета и двигательного навыка на занятиях аэробикой в техническом вузе. Также рассмотрены положительные и отрицательные стороны аэробных упражнений, их воздействие на развитие и совершенствование различных физических качеств, состояние здоровья студентов. Уделяется особое внимание созданию условий для формирования здорового образа жизни студентов с помощью комплекса оздоровительной аэробики и программ индивидуальных самостоятельных занятий для укрепления и сохранения здоровья.

Ключевые слова: аэробика, физическая культура, миофибриллы, фитнес, здоровье.

The article covers the peculiarities of movement skill formation at aerobics classes. Possible options for using various types of aerobic classes are described in details. The article considers ways and methods for development of physical qualities, formation of muscle core and movement skill at aerobics classes at a technical higher educational institution. Besides, it considers positive and negative aspects of aerobic exercises, their influence on the development and improvement of various physical qualities and health state of students. Special attention is paid to creation of conditions for formation of a healthy lifestyle of students with the help of a set of health-improving aerobic exercises and programs of independent training to improve and preserve health.

Keywords: aerobics, physical education, myofibrils, fitness, health.

На сегодняшний день проблема здоровья населения, и особенно молодежи, остается актуальной. В связи с этим, в области физической культуры большой популярностью пользуются инновационные направления, которые способствуют укреплению здоровья студентов через ритмико-пластические и танцевальные формы, применяемые в аэробике [1].

Фитнес-культура затрагивает различные аспекты жизни студентов, мир окружающих материальных и духовных ценностей, учебу и отдых. Ежедневные многочасовые академические и самостоятельные занятия приводят наших студентов к малоподвижному образу жизни, гиподинамии и стрессу, поэтому актуальным является поиск эффективных и интересных путей оздоровления [2].

Всемирная организация здравоохранения рассматривает здоровье как полное физическое, психическое и социальное благополучие человека. Здоровье зависит от ряда факторов: биологических, экологических, социальных, гигиенических, а также от характера педагогических воздействий. Среди многообразных факторов, влияющих на состояние здоровья и работоспособность организма, особое место занимает двигательная активность [3].

Решением задачи сохранения и укрепления здоровья, повышения уровня ППФП и интереса к занятиям по физической культуре вполне отвечают занятия аэробикой. Аэробика – это выполнение общеразвивающих и танцевальных упражнений под музыкальное сопровождение, объединенных в непрерывно выполняемый комплекс. Занятия оздорови-

тельной аэробикой стимулируют работу сердечно-сосудистой, нервной и дыхательной систем, развивают координацию, музыкальность, гибкость и пластику движений. Аэробная работа положительно воздействует на иммунную систему, повышая тем самым резистентность организма к простудным, инфекционным и другим заболеваниям [2].

Аэробика – это ключ к здоровому сердцу и реальный шанс дольше оставаться активными и полными сил [4]. Базовыми упражнениями в аэробике являются различные виды ходьбы, бега, подскоки и прыжки, махи ногам, приседания, выпады. Применение этих упражнений в сочетании с передвижениями, поворотами, движениями руками обеспечивает разнообразное воздействие на организм занимающихся. Помимо аэробных упражнений в занятия включают большое количество упражнений, направленных на развитие силы и силовой выносливости различных групп мышц, на коррекцию фигуры, а так же на развитие гибкости и подвижности мышц и суставов [2].

Основная физиологическая направленность классической аэробики – развитие выносливости, повышение функциональных возможностей кардиореспираторной системы. Специалисты выделяют базовую аэробику с низким и высоким уровнем нагрузки, некоторые авторы вводят и понятие среднего уровня. Первый рекомендуется для начинающих, третий для подготовленных, второй промежуточный вариант [5].

Немаловажное значение имеет влияние тренировочного процесса на активную часть двигательного аппарата человека, т. е. на мышечную массу (у женщин составляет 33–35 % от веса тела, у мужчин – 42 %).

При отсутствии нагрузки (или при необоснованно пониженной нагрузке) мышцы быстро уменьшаются в объеме, становятся слабее, капилляры их сужаются, волокна становятся тоньше, из чего можно заключить, что гиподинамия отрицательно действует и на мышцы. При умеренных нагрузках мышечный аппарат укрепляется, улучшается его кровоснабжение, в работу вступают резервные капилляры. Если нагрузка в течение определенного периода времени была чрезмерной, то целесообразно ее снижать постепенно, чтобы в мышцах не возникало нежелательных явлений [2].

Немаловажное значение имеет наличие в процессе тренировки статических или динамических элементов. Упражнения с преобладанием статических элементов способствуют резкому увеличению объема и массы мышц. Миофибриллы (сократительный аппарат) в мышечном волокне приобретают рыхлую структуру, длительное сокращение мышечных пучков затрудняет внутриорганное кровообращение, усиленно развивается узкопетлистая, с неодинаковым просветом, капиллярная сеть.

При нагрузках преимущественно динамического характера, которые преобладают в уроках оздоровительной аэробики, вес и объем мышц увеличиваются в значительно меньшей степени, происходит удлинение мышечной части и укорочение сухожильной. Чередование сокращений и расслаблений мышцы не нарушает кровообращения, количество капилляров увеличивается, ход их остается более прямолинейным. Количество нервных волокон в мышцах, выполняющих работу динамического характера, превышает их количество в мышцах, выполняющих преимущественно статическую нагрузку, в 4–5 раз. Соответственно, контакт нервных волокон с мышцей увеличивается, что обеспечивает лучшее поступление нервных импульсов в мышцу [2].

Также следует рассмотреть еще один важный результат систематических занятий спортом, положительно влияющий на состояние здоровья. Известно, что костная ткань постоянно обновляется, этот процесс вполне естественен для здорового организма. В период детства и юности кости наращивают свою максимальную плотность. Затем, спустя несколько лет, начинается ежегодная потеря костной массы – по 1 % в год от общей костной массы, у женщин после менопаузы эти потери возрастают до 2–3 % ежегодно, а поскольку с возрастом новая ткань образуется все медленнее, а старая теряется быстрее, кости истончаются, становятся хрупкими. Систематические физические нагрузки средней

интенсивности увеличивают обмен веществ, что препятствует разрушению костной ткани, позволяя нам дольше оставаться молодыми и здоровыми [2].

На практике мы встречаемся с различными видами занятий, которые определяются целевыми задачами: развитием выносливости, силы, гибкости, координации движений, профилактикой различных заболеваний и т. д. В зависимости от целевой задачи и организационной формы можно условно выделить несколько типов уроков:

- обучающий, свойственный оздоровительной тренировке для начинающих;
- контрольный, на котором осуществляется тестирование занимающихся;
- тренировочный, построение которого должно учитывать принцип биологической целесообразности;
- однонаправленный, при котором в основном решается одна основная задача. Например, выполняется программа классической аэробики, направленная на воспитание выносливости, основное содержание которой – различного рода шаги, скачки, подскоки, организованные в комбинации по методу сложения, блока и др. К данному типу можно отнести и программы силовой направленности, с использованием эспандера или отягощений;
- комплексные, на которых одновременно решаются задачи развития нескольких физических качеств, например, соединение блоков, в одном из которых применяется классическая или танцевальная аэробика, а в другом – силовая [5];
- комбинированные, на которых одновременно, а не в разных блоках используются различные виды аэробики, например степ- и памп-аэробика с использованием отягощения (гантели или резиновые эспандеры) и т. п.;
- групповые занятия;
- индивидуальные занятия.

Известно, что в процессе развития организм человека, несмотря на симметричное строение двигательного анализатора, претерпевает асимметричные изменения, при которых одна из конечностей формируется в ведущую, другая – в подчиненную. Необходимо помнить, что движения должны выполняться в ту и другую стороны. Равномерная нагрузка способствует гармоническому развитию [6].

Наиболее характерным выражением двигательной асимметрии человека является преимущественное использование им одной из верхних конечностей, что получило название право- и леворукости. Как показали исследования в области общей и спортивной педагогики, рационально осваивать и тренировать движения вначале доминирующей рукой или ногой, а потом не доминирующей. Этот принцип можно использовать при индивидуальном тренинге. При групповых занятиях, когда приходится проводить урок с большой группой выполняющих различные перемещения по площадке, вступает в силу закон подчинения меньшинства большинству. Как известно, большинство людей – правши [7]. Уроки аэробики в нашем университете строятся таким образом, чтобы занимающиеся получали адекватную нагрузку, отвечающую их желаниям и уровню подготовленности; в то же время, в структуре уроков прослеживается направленность на гармоничное развитие основных мышечных групп и физических качеств: сила, выносливость, гибкость и координация.

На сегодняшний день в нашем университете занятия по физической культуре проходят один раз в неделю и являются обязательными только для студентов первого курса. В целях оптимизации учебно-тренировочного процесса было проведено анкетирование среди студентов, в котором они выбирали направления и виды физической активности, которыми будут заниматься на втором и третьем курсе. По итогам анкетирования, более половины студентов выбрали занятия физической культурой в спортивных залах нашего университета, несмотря на отсутствие современных условий для эффективных занятий спортом.

Перед преподавателями нашей кафедры встала непростая задача: как повысить интерес к спорту, к занятиям по физической культуре, когда посещение этих занятий не обя-

зательно; можем ли мы составить конкуренцию спортклубам с их современной оснащенностью тренажерами и спа-зонами?

Задачей нашего исследования явилась разработка комплекса оздоровительной аэробики, составленного по принципу интервальной тренировки, доступного и по координации, и по интенсивности для студентов всех курсов. Комплекс разрабатывался при активном участии студентов, что должно сформировать устойчивый интерес к физическому воспитанию и использованию полученных навыков в повседневной жизни.

Перед выполнением индивидуального комплекса студенты разминаются вместе с преподавателем. Задачей разминки является разогревание опорно-двигательного аппарата и подготовка функциональных систем организма к дальнейшей работе. В течение 15–20 минут мы выполняем комбинации базовых шагов аэробики под ритмичную музыку (132–136 ударов) и гимнастические общеразвивающие упражнения для всех групп мышц. В основной части урока студенты выполняют индивидуальный комплекс силовой или оздоровительной аэробики (в зависимости от задач и уровня физической подготовленности), используя различный спортивный инвентарь: гантели, боди-бары, скакалки, утяжелители, стэп-платформы, гимнастические скамейки и т. д. При этом преподаватель следит за правильной техникой выполнения упражнений, регулирует плотность и интенсивность тренировочной нагрузки. В заключительной части мы используем комплекс упражнений в партере (на гимнастических ковриках), который был разработан на нашей кафедре и успешно используется уже на протяжении четырех лет.

Более подробно с этим комплексом по развитию гибкости и эластичности мышц и суставов можно познакомится в учебных пособиях, написанных преподавателями нашей кафедры: «Аэробика», «Теория и методика физического воспитания», «Использование оздоровительных технологий при проведении учебного занятия по физической культуре» и др., а также в информационно-образовательном ресурсе «Moodle» на сайте нашего университета.

Такой подход в организации учебного процесса по дисциплине «Физическая культура», по нашему мнению, ориентирует студентов к индивидуальным самостоятельным занятиям и служит основой для формирования двигательных навыков, развития способностей к составлению индивидуальных программ занятий физической культурой для укрепления здоровья и создания здорового образа жизни.

Литература

1. *Рипа М. Д.* Практические и методические основы кинезиотерапии: Учебное пособие / М. Д. Рипа, М. М. Расулов, И. В. Культова. – М.: ТВТ Дивизион, 2008. – 336 с.

2. *Лешева Н. С.* Аэробика: Учебное пособие / Н. С. Лешева, Т. А. Гринева; СПбГАСУ. – СПб., 2015. – 95 с.

3. *Тер-Ованесян А. А.* Педагогические основы физического воспитания / А. А. Тер-Ованесян. – М.: Физкультура и спорт, 2008 – 201 с.

4. *Агаджанян Н. А.* Биоритмы, спорт и здоровье / Н. А. Агаджанян, Н. Н. Шабатура. – М.: Физкультура и спорт, 2010. – 208 с.

5. *Шенфилд Б.* Фитнес для красивого тела. – М.: Эксмо-Пресс, 2002. – 355 с.

6. Базовая аэробика в оздоровительном фитнесе: учебное пособие / Планета фитнес. – М.: ООО «УИЦ «ВЕК», 2006. – 72 с.

7. *Фомин Н. А.* Физиология человека / Н. А. Фомин. – М.: «Просвещение», 2000. – 352 с.

УДК 796

Александра Владимировна Токарева, канд. пед. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Ольга Вячеславовна Миронова, канд. пед. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: sasha_vgafk@mail.ru, mironova.olga2014@gmail.com

Alexandra Vladimirovna Tokareva, PhD of Pedagogical Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Olga Vyacheslavovna, *Mironova,* PhD of Pedagogical Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sasha_vgafk@mail.ru, mironova.olga2014@gmail.com

ФИТБОЛ-ГИМНАСТИКА ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ГРУППЫ

FITBALL EXERCISES FOR STUDENTS OF THE SPECIAL MEDICAL GROUP

Особое внимание в статье обращено на проблему здоровья студенческой молодежи. Автором произведен анализ специальной литературы по данной проблематике, выявлены наиболее эффективные и интересные оздоровительные технологии и фитнес-программы. Авторы дают краткое методическое описание особенностей использования фитбол-гимнастики на занятиях по физической культуре со студентами, имеющими отклонения в состоянии здоровья. Особое внимание уделяется раскрытию эффективности использования упражнений с большими мячами для решении оздоровительной задачи. В статье приводится примерный комплекс физических упражнений с фитболом, направленный на проработку и укрепление крупных мышечных групп.

Ключевые слова: студенты, фитбол, оздоровительные технологии, фитнес-программы, методика занятий, комплекс упражнений.

Special attention in this article is paid to the problem of students' health. Professional literature on this subject has been analyzed by the author, and the most interesting and effective health-improving techniques and fitness programs have been selected. The article provides a short methodological description of the peculiarities of using fitball exercises at physical training classes for students who have health problems. Special attention is paid to describing the efficiency of exercises with big balls to achieve the health-improving task. The article provides an exemplary set of physical fitball exercises aimed at working out and strengthening of all large muscle groups.

Keywords: students, fitball, health-improving techniques, fitness programs, training methods, set of exercises.

Состояние здоровья молодежи прогрессивно ухудшается, так, во многих вузах России уже больше 30 % студентов направлены для занятий физической культурой в специальное учебное отделение [1; 2]. В связи с этим, одним из путей в решении проблем оздоровления учащихся и профилактики различных заболеваний являются занятия с включением современных фитнес-технологий [3].

В молодежной среде особую популярность приобретают занятия в фитнес клубах [3]. Для выявления целей занятий и наиболее интересующих фитнес-программ был проведен опрос более 200 студентов женского пола нескольких вузов Санкт-Петербурга. Было выявлено, что целью занятий большей части опрошенных является коррекции своей фигуры, а также оздоровление. Среди большого разнообразия средств современных фитнес-технологий в основном выбирают: занятия йогой, фитнес-йогой, аэробикой, калланетикой, пилатесом, боди-балетом и др.

Анализируя методики проведения занятий по различным оздоровительным системам и фитнес-программам, мы пришли к выводу, что наибольший интерес для нас представляют упражнения с фитболом (в переводе с английского означает «мяч для опоры»). Гимнастика на больших мячах вызывает интерес и положительные эмоции у студентов, при этом оказывает оздоровительное воздействие на их организм [4].

Фитбол – это название фитнесс-программы, а также тренажера, используемого в данном виде гимнастики, это гимнастический ортопедический мяч в диаметре 45–95 см.

Фитбол, как тренажер, уникален, занятия с ним: позволяют выполнять упражнения в различных исходных положениях (и. п.) и с большей амплитудой; способствуют эффективной проработке различных мышечных групп; предполагают индивидуальное регулирование нагрузки; улучшают работу вестибулярного аппарата; позволяют комплексно развивать физические качества; оказывают общеукрепляюще воздействие на весь организм.

Комплекс фитбол-гимнастики для студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья, включается в основную часть занятия по физической культуре. Упражнения компонуются так, чтобы включить в работу наиболее крупные мышечные группы и проблемные зоны фигуры. Комплекс упражнений в среднем рассчитан на не менее чем 30 минут физической работы. При занятиях на неустойчивой опоре с ограниченной площадью необходимо контролировать равновесие и быть предельно внимательными.

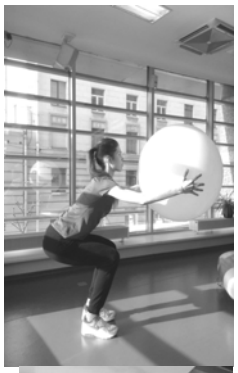
Примерный комплекс упражнений составлен так, чтобы задействовать все основные мышечные группы.

1. И. п. – стойка ноги врозь, мяч вперед.
   1 – поворот туловища вправо;
   2 – и. п.;
   3–4 – то же влево.
   Повторить упражнение 8–12 раз.

2. И. п. – стойка, мяч вперед.
   1 – мяч вверх, наклон вправо;
   2 – и. п.;
   3–4 – то же влево.
   Повторить упражнение 8–12 раз.

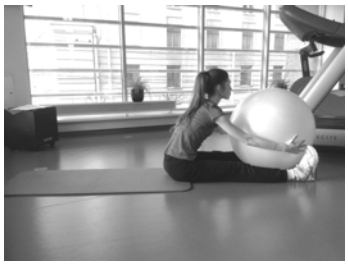
3. И. п. – стойка, мяч вперед.
   1 – наклон вперед, мяч вверх;
   2 – и. п.;
   3–4 – то же.
   Повторить упражнение 8–12 раз.

4. И. п. – стойка ноги врозь, мяч вперед.
1 – присед;
2 – и. п.
Повторить упражнение 15–30 раз.

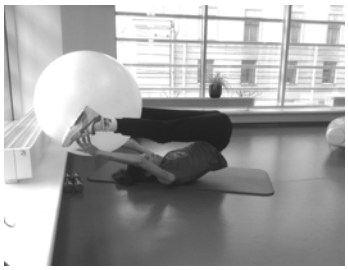


5. И. п. – широкая стойка, мяч вверх.
1 – присед;
2 – и. п.
Повторить упражнение 15–30 раз.

6. И. п. – лежа на спине, мяч вверх.
1 – сед, мяч вперед;
2 – и. п.
Повторить упражнение 15–20 раз.



7. И. п. – лежа на спине, мяч зажат стопами.
1 – подъем прямых ног с касанием за головой;
2 – и. п.
Повторить упражнение 15–20 раз.



8. И. п. – лежа на правом боку, на мяче, руки за головой, правая нога согнута, левая выпрямлена.
1 – подъем туловища;
2 – и. п.
Повторить то же лежа на левом боку.
Выполнить упражнение 10–15 раз на каждом боку.

9. И. п. – лежа на правом боку, на мяче, правая нога согнута, левая выпрямлена.
   1 – подъем левой ноги;
   2 – и. п.
   Повторить то же лежа на левом боку.
   Выполнить упражнение 20–30 раз на каждом боку.

10. И. п. – то же.
    1 – мах левой ногой вперед;
    2 – и. п.
    Повторить то же лежа на левом боку.
    Выполнить упражнение 20–30 раз на каждом боку.

11. И. п. – лежа на правом боку, на мяче, ноги выпрямлены.
    1 – мах правой ногой вверх;
    2 – и. п.
    Повторить то же лежа на левом боку.
    Выполнить упражнение 20–30 раз на каждом боку.

В заключение хотелось бы отметить, что упражнения с фитболом позволяют не только разнообразить академические занятия, влияя на психоэмоциональное состояние, но и оказывают оздоравливающее воздействие на организм студентов.

Литература

1. *Виноградов И. Г.* Динамика распределения студентов первого курса по учебным группам для занятий физической культурой на основании медицинских показаний [Электронный ресурс] / И. Г. Виноградов, А. В. Токарева // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 9. – URL: http://web.snauka.ru/issues/2015/09/57618 (дата обращения: 06.03.2016).

2. *Токарева А. В.* Мониторинг функционального состояния студентов как средство контроля в физической культуре [Электронный ресурс] / А. В. Токарева // Психология, социология и педагогика. – 2013. – № 9. – URL: http://psychology.snauka.ru/2013/09/2416 (дата обращения: 13.11.2015).

3. *Ярчиковская Л. В.* Включение современных фитнес-технологий в академические занятия по физической культуре / Л. В. Ярчиковская, А. В. Токарева, О. В. Миронова // Физическая культура и спорт в системе образования России: инновации и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб: Золотое сечение, 2015. – С. 189–192.

4. *Удалова Е. П.* Профилактика и коррекция нарушения осанки с помощью аэробики на фитболах для студентов специальной медицинской группы / Е. П. Удалова, Н. В. Южакова // Молодой ученый. – 2015. – № 24. – С. 679–687.

СЕКЦИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКОЛОГИИ

УДК 628.33

Аркадий Николаевич Ким, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Александра Юрьевна Романова, инженер-технолог
(ООО «ТВЭЛЛ»)
E-mail: vodakafedra@mail.ru, r.a.yu@yandex.ru

Arkady Nikolaevich Kim, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Aleksandra Yur'evna Romanova, Process Engineer
(ООО *TWELL*)
E-mail: vodakafedra@mail.ru, *r.a.yu@yandex.ru*

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА СВЕРХСКОРОСТНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ В УСТАНОВКЕ УМВ-8 С ФИЛЬТРУЮЩИМИ ПАТРОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

SUPER-SPEED FILTERING PRINCIPLE IN THE UMV-8 WATER TREATMENT UNIT WITH FLUID FILTER CARTRIDGES

Создание высокоэффективных, надежных, компактных и энергосберегающих сооружений и устройств по очистке природных и сточных вод является одной из ключевых задач в области водоснабжения. Одним из основных требований к сооружениям по очистке воды является автоматизация их работы. Этим требованиям в полной мере отвечают автоматические сверхскоростные фильтры системы Г. Н. Никифорова, нашедшие широкое применение в системах производственного водоснабжения в различных отраслях промышленности. В этих фильтрах используются напорные зернистые фильтры, при этом главной особенностью этих фильтров является их автоматическая поочередная обратная промывка, при которой, кроме промываемого фильтра, остальные фильтры, входящие в блок, в процессе фильтрации обеспечивают полезный расход. Этот принцип использован при разработке фильтровальной установки УМВ-8, в которой в качестве фильтра применен объемный патронный элемент, изготовленный из волокнисто-пористого полиэтилена.

Ключевые слова: автоматическая фильтровальная установка, сверхскоростное фильтрование, взвешенные вещества, объемные фильтрующие патронные элементы.

Creation of high-performance, reliable, compact and energy-saving installations and units to treat natural and waste water is one of the key tasks of water supply. One of the main requirements to water treatment installations is their automation. G. N. Nikiforov's automatic super-speed filters, which are widely applied in industrial water supply systems in various manufacturing sectors, meet these requirements in full. These filters use granular media pressure filters. The main characteristic of these filters is automatic successive backwash, upon which filters included in the block apart from the washed filter, ensure effective materials consumption. This principle was used to develop the UMV-8 filtering unit which uses volumetric fluid filter cartridge made of porous polyethylene fibers.

Keywords: automatic filtering unit, super-speed filtering, suspended substances, volumetric fluid filter cartridges.

Разработанная ООО «ТВЭЛЛ» автоматизированная установка для механической очистки воды УМВ-8 предназначена для удаления нерастворенных примесей (взвешенных веществ) из очищаемой воды. Схема гидравлического модуля и общий вид автоматизированной установки УМВ-8 представлен на рис. 1 и 2.

Установка УМВ-8 работает следующим образом. Загрязненная вода подаётся по трубопроводу к коллектору подачи загрязнённой воды, который распределяет и подаёт под давлением эту воду внутрь фильтрующих патронных элементов (ФПЭ). Загрязненная вода движется сверху вниз и при прохождении через ФПЭ в направлении «изнутри-наружу» очищается от механических примесей. Очищенная вода собирается внутри корпуса фильтра, откуда по коллектору отвода очищенной воды осуществляется выдача фильтрата. Корпус фильтра служит одновременно ресивером для поддержания давления внутри фильтра.

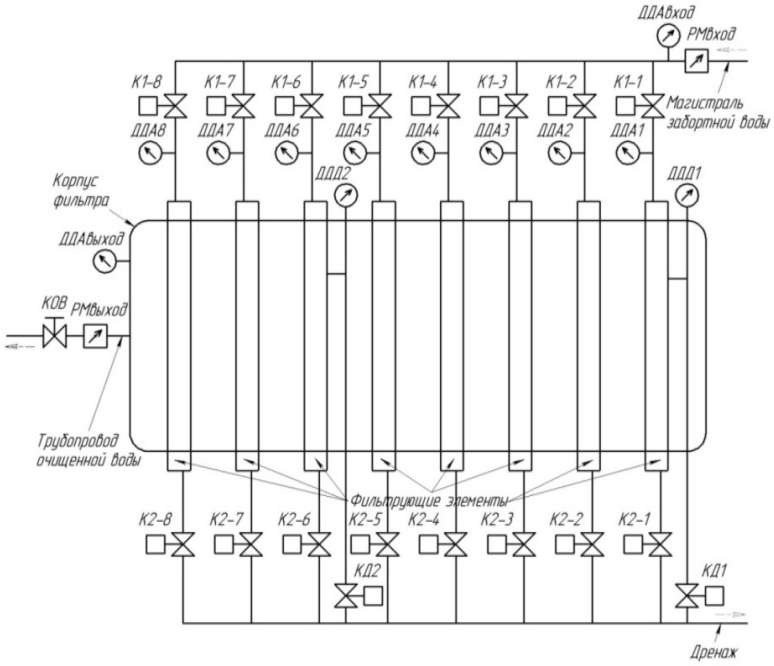


Рис. 1. Гидравлическая схема автоматизированной установки
для механической очистки воды УМВ-8:
$РМ_{вход}$ и $РМ_{выход}$ – расходомеры на трубопроводах загрязненной и очищенной воды, соответственно; ДДА – датчик давления абсолютного; ДДД – датчик давления дифференциального; КД – клапан датчика давления дифференциального; $К_{1-1} \div К_{1-8}$ – клапаны подачи воды на ФПЭ; $К_{2-1} \div К_{2-8}$ – клапаны промывки ФПЭ; КОВ – клапан на трубопроводе очищенной воды

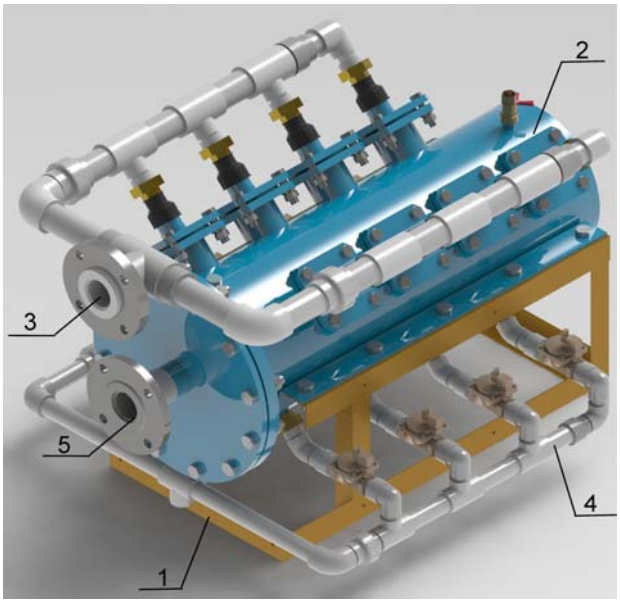


Рис. 2. Общий вид установки УМВ-8:
1 – каркас с защитным подрамником; 2 – корпус установки УМВ-8;
3 – коллектор подачи загрязненной воды к ФПЭ; 4 – коллектор отвода промывной воды; 5 – коллектор отвода очищенной воды (фильтрата)

В УМВ-8 установлены восемь ФПЭ объёмного типа производства ООО «ТВЭЛЛ», которые расположены в корпусе двумя рядами (по четыре в ряду) под углом 90° элементы одного ряда к элементам другого ряда.

Каждый ФПЭ работает по принципу каскадного фильтрования, который реализуется за счёт многослойности фильтрующего элемента. ФПЭ изготовлен методом пневмоэкструзии из волокнисто-пористого полиэтилена и полипропилена путём последовательного напыления слоев. Каждый слой ФПЭ различается по толщине, назначению и рейтингу фильтрации и благодаря его особой лабиринтоподобной структуре обеспечивается защита от проникновения узких, но длинных, частиц.

ФПЭ, используемый в установке УМВ-8, представляет собой цилиндр с внутренним диаметром 38 мм и наружным диаметром 60+2 мм. В свою очередь фильтрующий элемент состоит из трёх слоёв с различным рейтингом фильтрации (рис. 3).

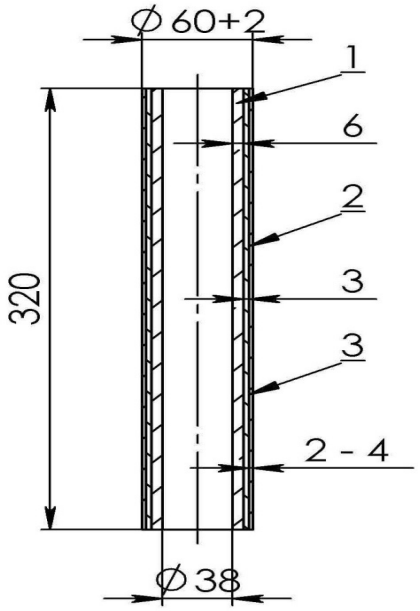


Рис. 3. ФПЭ объемного фильтрования в установке УМВ-8:
1 – первый слой ФПЭ (рейтинг фильтрации 100–150 мкм);
2 – второй слой ФПЭ (рейтинг фильтрации 20–40 мкм);
3 – третий (защитный) слой ФПЭ (100–150 мкм)

Технология изготовления ФПЭ имеет следующие особенности:

- фильтрующий слой обеспечивает рейтинг фильтрации 20-40 мкм;
- увеличивается рабочий ресурс ФПЭ за счёт того, что основной фильтрующий слой защищён от механических повреждений с двух сторон, как в режиме «фильтрования», так и в режиме «промывка»;
- равномерное распределение потока загрязненной воды на основном фильтрующем слое позволяет использовать всю фильтрующую поверхность;
- небольшая толщина основного фильтрующего слоя (3 мм) значительно снижает общее гидравлическое сопротивление ФПЭ;
- эластичность ФПЭ позволяет натянуть его «втугую» без дополнительных приспособлений на патрубки, наружный диаметр и высота которых составляют 40-42 мм и 30 мм, соответственно.

Следует отметить, что в рассматриваемой установке УМВ-8 реализована идея сверхскоростного фильтрования, разработанная в первой половине XX века на кафедре водоснабжения ЛИСИ (автор Г. Н. Никифоров). Г. Н. Никифоров предложил батарейный (блоковый) тип сверхскоростных напорных фильтров с автоматической системой промывки, объединенных единым гидравлическим режимом. Блок сверхскоростных фильтров поочередно промывает обратным током воды каждый фильтр из напорного трубопровода (кольца) фильтратом с заданным интервалом времени между окончаниями промывки одного фильтра и началом промывки очередного фильтра. При выходе одного фильтра на промывку оставшиеся в работе фильтры блока должны обеспечивать подачу воды потребителю и на промывку фильтра [1, 2].

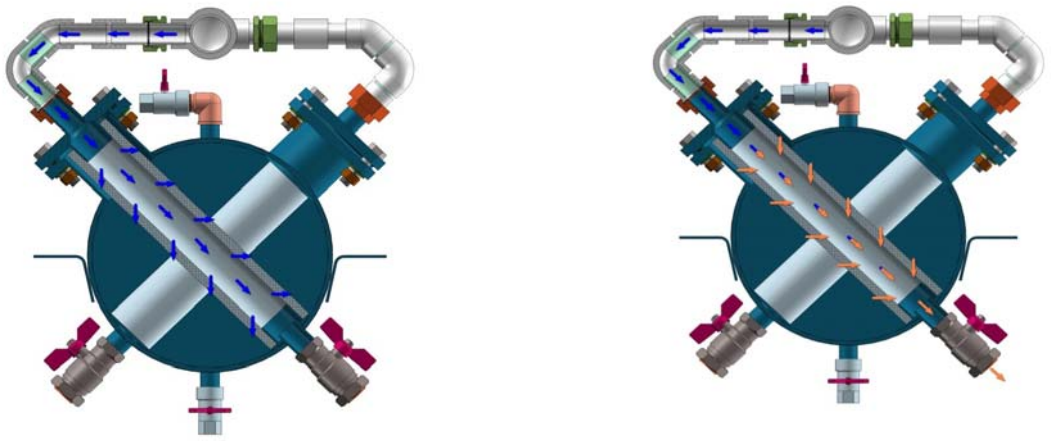
Принцип сверхскоростного фильтрования, реализованный в установке УМВ-8, отличается только тем, что в качестве отдельных фильтров блока (модуля) в системе Г. Н. Никифорова использовались зернистые фильтры, тогда как, в рассматриваемом случае, каждый фильтр представляет собой объемный фильтрующий патронный элемент.

В УМВ-8 процессы фильтрования и промывки ФПЭ автоматизированы, что позволяет осуществлять дистанционное управление и контролировать технологический процесс промывки ФПЭ. Наличие автоматической системы управления позволяет организовать

работу установки в непрерывном режиме, т.е. при промывке одного ФПЭ осуществляется постоянная выдача фильтрата за счёт работы в режиме фильтрования остальных семи ФПЭ.

По мере загрязнения ФПЭ задерживаемыми из воды механическими примесями потеря напора в нём будет возрастать, а скорость фильтрования при неизменном напоре – снижаться. Для восстановления удерживающей способности ФПЭ осуществляется его промывка [1–3].

Технологическая схема работы ФПЭ в режиме фильтрования и промывки представлена на рис. 4.



Режим «ФИЛЬТРАЦИЯ» Режим «ПРОМЫВКА»

Рис. 4. Технологическая схема работы фильтрующего патронного элемента

Принцип работы схемы регенерации основан на использовании энергии потока воды, возникающего за счёт падения давления до нуля при открытии сливного клапана во время промывки ФПЭ.

Для очистки ФПЭ применяются прямая и обратная промывки. Эффект прямой и обратной промывки возникает из-за создания зоны разрежения при открытии клапана промывки внутри фильтрующего элемента (в нижней его части).

Прямая промывка внутренней поверхности ФПЭ осуществляется потоком неочищенной воды, поступающим внутрь фильтрующего элемента из коллектора подвода загрязненной воды, тогда как обратная промывка очищенной водой, поступающей из корпуса установки, осуществляется по направлению «снаружи-внутрь». Сформировавшийся поток воды промывает весь объём фильтрующего элемента и выносит шлам во внутренний поток с последующим сбросом его в систему канализации. Таким образом, ФПЭ промывается как неочищенной водой, так и фильтратом.

Дополнительно прямая промывка ФПЭ в купе с обратной промывкой существенно дополняет принцип сверхскоростного фильтрования, что наряду с повышением эффективности регенерации ФПЭ приводит к экономии очищенной воды для регенерации.

Выбранная схема регенерации фильтрующих элементов позволяет:

- минимизировать время промывки ФПЭ;
- оптимизировать расходы воды на промывку ФПЭ;
- сохранить производительность установки УМВ-8.

Выводы

1. Система управления и конструкция фильтрующей установки УМВ-8 обеспечивает непрерывную и устойчивую работу установки в режиме фильтрация-промывка.

2. При работе установки значение перепада давлений на фильтрующих элементах при любых режимах не превышало 1 Бар, что также соответствует работе блока зернистых сверхскоростных фильтров.

3. Проведенные испытания УМВ-8 показали, что объём промывной воды на один ФПЭ составляет 5 л при времени промывки 3 секунды. Таким образом, за один час работы УМВ-8 на промывку восьми ФПЭ уходит 40 л воды.

Литература

1. *Николадзе Г. И.* Водоснабжение: учебник для ВУЗов / Г. И. Николадзе, М. А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.

2. *Ким А. Н.* Совершенствование напорных водоочистных сооружений. Автореф. дисс. … д-ра техн. наук / А. Н. Ким. – СПб., 1998. – 48 с.

3. *Жужиков В. А.* Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий / В. А. Жужиков. – М.: Химия, 1971. – 440 с.

УДК 628.33

Наталья Сергеевна Корчажнова,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет))
Вера Юрьевна Морозова, канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет))
Вячеслав Викторович Самонин, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет))
E-mail: knatani@mail.ru, vera_nikonova@mail.ru, samonin@lti-gti.ru

Natalia Sergeevna Korchazhnova,
post-graduate student
(Saint Petersburg State Technological Institute (Technical University))
Vera Iurevna Morozova, PhD of Tech. Sci.
(Saint Petersburg State Technological Institute (Technical University))
Viacheslav Viktorovich Samonin, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State Technological Institute (Technical University))
E-mail: knatani@mail.ru, vera_nikonova@mail.ru, samonin@lti-gti.ru

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СОРБЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА АДСОРБЦИЮ d-ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ

INFLUENCE OF ULTRAVIOLET IRRADIATION OF SORPTION SYSTEM COMPONENTS ON ADSORPTION OF d-ELEMENTS BY ACTIVATED CARBON

Развитие технологии сорбционных процессов связано как с созданием новых видов сорбирующих материалов, так и с усовершенствованием существующих сорбционных технологий, связанных с интенсификацией протекающих сорбционных процессов, в том числе с применением внешних воздействий. В работе исследовалось влияние ультрафиолетового облучения (УФО) на процессы поглощения катионов металлов из водных растворов на исходных активных углях и углях, модифицированных фуллеренами. Определен наиболее эффективный метод воздействия УФО на адсорбент. Показано, что воздействие УФО на активированные угли, модифицированные и не модифицированные фуллеренами, приводит к значительному повышению сорбционных характеристик. Изучено влияние облучения «компонентов» сорбционной системы на адсорбцию катионов меди, на исходные и модифицированные фуллеренами активированные угли.

Ключевые слова: адсорбция, ультрафиолетовое облучение, активированный уголь, фуллерены, модифицирование промышленных адсорбентов, очистка водных сред.

Development of sorption process technology is connected both with the creation of new sorption materials and the improvement of the existing sorption technologies related to intensification of the occurring sorption processes, including the use of external influence. The study analyzed the influence of ultraviolet irradiation (UVI) on metal cations' adsorption from water solutions based on initial activated carbons and carbons modified by fuller-

enes. The most effective method of the adsorbent exposure to UVI was defined. The study shows that the UVI of activated carbons, modified and non-modified by fullerenes, leads to a considerable increase of sorption characteristics. The influence of sorption system “components” irradiation on the adsorption of copper cations based on the initial activated carbons and carbons modified with fullerenes has been studied.

Keywords: adsorption, ultraviolet irradiation, activated carbon, fullerenes, modification of industrial absorbents, aqueous media treatment.

Для повышения сорбционной активности углеродных адсорбентов в их состав вводятся модифицирующие добавки, характеризующиеся специфическим электронным строением, что приводит к изменению электронного строения сорбентов и повышению их сорбционной активности. Известно, что введение фуллеренов в сорбенты ведет к значительному повышению их эффективности при поглощении растворенных в воде соединений. Кроме этого, повышения сорбционных характеристик адсорбентов можно достичь при использовании на них воздействия энергии различных форм, к которым относится тепловое, акустическое, электромагнитное, световое воздействие [1].

Использование тепловой энергии можно считать традиционным методом управления процессами сорбции – десорбции, но нерешенными задачами является доставка данного вида энергии в слой сорбента при его значительных габаритах.

Применение электромагнитных воздействий для ускорения различных химических, физических и физико-химических процессов широко известно и используется в различных областях промышленности, науки и техники.

Метод светового воздействия на адсорбент является достаточно специфическим для интенсификации процессов сорбции. В случае светового воздействия на адсорбент проявляется фотохимический механизм протекания химических реакций. В ряде случаев, например при использовании фуллеренов, наблюдается изменение структуры материала, поглощающего молекулы адсорбента.

Экспериментальная часть

В работе использовался активный уголь марки АКУ-ЛВ 2341, полученный из скорлупы кокосовых орехов и уголь, модифицированный фуллеренами в количестве 20 мкг/г и 40 мкг/г [1]. В качестве модифицирующей добавки был выбран фуллерен C_{60} (содержание C_{60} – 92 %) производства ЗАО ИЛИП (Санкт-Петербург).

Для получения модифицированных фуллеренами активированных углей применялась методика, разработанная в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете). Для получения водного раствора фуллеренов в течение пяти минут смешивалась навеска фуллеренов со стабилизатором (15-краун-5эфир), фуллеренов в воде. Затем полученную смесь растворяли в дистиллированной воде и подвергали ультразвуковой обработке и перемешиванию на магнитной мешалке. Полученную смесь после перемешивания на магнитной мешалке подвергали термической регенерации в сушильном шкафу при температуре 100–150 °С в течение 1–3 часов.

Так же исследовалось изменение сорбционной способности активированных углей из скорлупы кокосового ореха. Для модифицированных и не модифицированных фуллеренами углей предельный объем сорбционного пространства, определенный по парам бензола и суммарный объем пор изменяется незначительно. Определение предельного объема сорбционного пространства (W_S) проводилось эксикаторным методом по парам бензола [2]. Определение суммарного объема пор проводилось согласно методике [3].

Проведенные ранее исследования показали, что под действием УФО процесс сорбции катионов металлов протекает быстрее, чем без него. Ультрафиолетовое облучение может оказывать воздействие на каждый компонент сорбционной системы. в связи с этим, был проведен эксперимент в котором облучался водный раствор.

Для определения поглотительной емкости по катионам металлов при действии УФО на сухой уголь использовали активный уголь АКУ ЛВ 2341. Данный материал облучали ультрафиолетовой лампой GCF11DS/G23 в сухом виде на воздухе в течение двух часов. После этого навеска помещалась в раствор катионов металлов с заданной концентрацией, затем пробу оставляли в темном месте и измеряли остаточную концентрацию через 2 и 24 часа.

Исследования проводили в статических условиях – масса навески адсорбента составляла 0,1 г при объеме водного раствора меди 100 мл. Концентрацию катионов меди определяли по стандартной методике [4].

Статический метод изучения адсорбции из растворов сводится к определению концентрации исходного раствора, встряхиванию навески адсорбента с раствором в течение времени, требуемого для установления адсорбционного равновесия, и определению концентрации ионов, оставшихся не адсорбированными. Адсорбционная емкость вычислялась по формуле:

$$A = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{равн}}}{m} \cdot V \ , \qquad (1)$$

где $C_{\text{исх}}$, $C_{\text{равн}}$ – исходная и конечная концентрации металла в растворе (мг/л), V – объем раствора, л; m – масса навески адсорбента (г).

Обсуждение результатов

Были исследованы характеристики исходного и модифицированного фуллеренами угля при воздействии УФО и без него. Результаты исследований приведены в таблице. Из данных таблицы видно, что как предельный объем сорбционного пространства, так и суммарный объем пор практически не изменяются при модифицировании активированного угля фуллеренами. Также не происходит изменений при воздействии УФО на активированный уголь, модифицированный и не модифицированный фуллеренами.

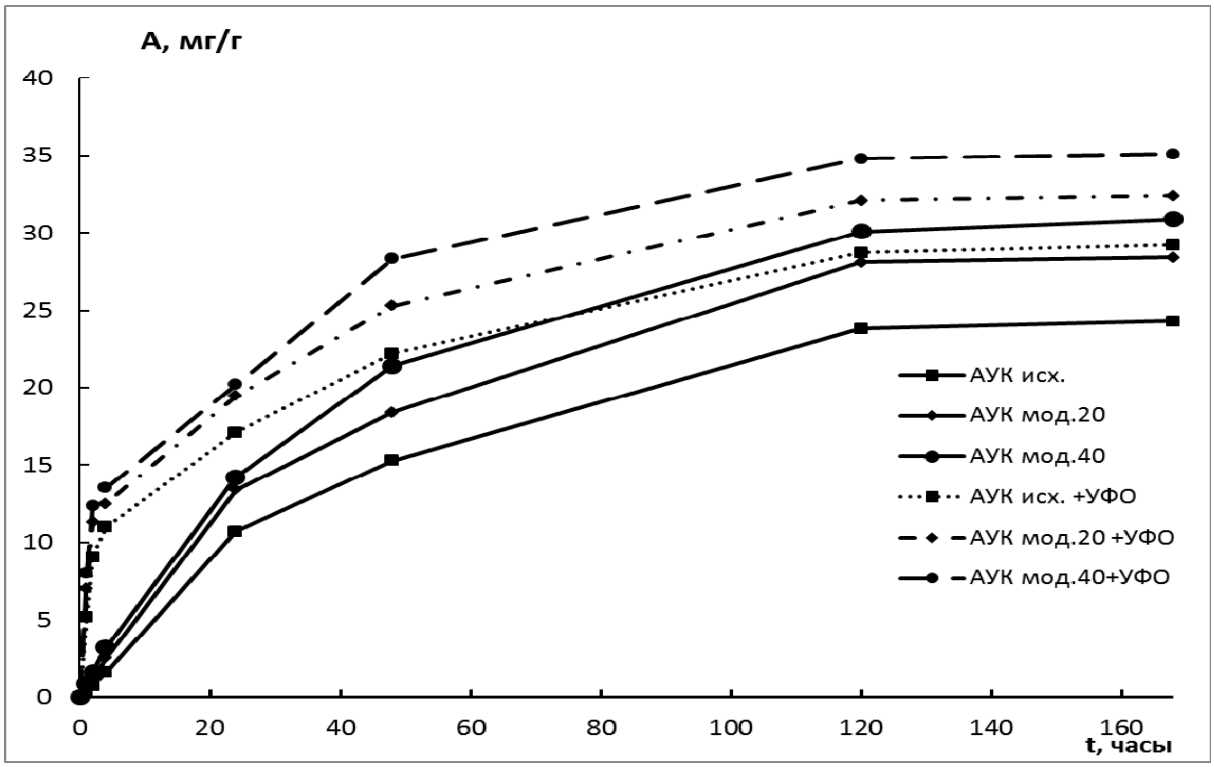
Таблица

Характеристика исходного и модифицированного фуллеренами АКУ ЛВ 2341

Характеристика	Содержание фуллеренов в активированном угле, мкг/г		
	0	20	40
W_S, $см^3 \cdot г^{-1}$	0,45	0,46	0,46
V_Σ, $см^3 \cdot г^{-1}$	0,70	0,96	0,90
W_S, $см^3 \cdot г^{-1}$(+УФО)	0,46	0,47	0,47
V_Σ, $см^3 \cdot г^{-1}$ (+УФО)	0,71	0,98	0,92

В результате проведения эксперимента было обнаружено, что при воздействии УФО на адсорбент в течение 2 часов, наибольшее повышение адсорбционной емкости наблюдается через 2 часа для немодифицированного активированного угля с 0,56 до 9,0 мг/г. Для модифицированных активированных углей фуллеренами в количестве 20 мкг/г адсорбционная емкость увеличивается с 1,1 мг/г до 11,3 мг/г. Также увеличение адсорбционной емкости происходит у активированных углей, модифицированных фуллеренами в количестве 40 мкг/г с 1,4 до 12,3 мг/г.

При снятии светового воздействия данный эффект сохраняется. Как мы видим из графика, через 24 часа для немодифицированного активированного угля адсорбционная емкость будет равной 17 мг/г, для модифицированного фуллеренами активированного угля 19,5 мг/г.



Влияние УФО на величину сорбционной емкости по катионам меди (облучение сухого угля)

Из представленных результатов можно сделать вывод, что воздействие УФО на активированный уголь приводит к повышению адсорбционной емкости до 10 раз через 2 часа, и в 1,5–2,0 раза через 24 и 48 часов. Данный эффект характерен как для модифицированных, так и для немодифицированных фуллеренами углей.

Анализ приведенных в данной статье данных позволяет предположить, что влияние УФО на активированный уголь, модифицированный фуллеренами, меняет структуру фуллеренов. Данное изменение, возможно, связано с фотоиндуцированной полимеризацией фуллерита за счет образования ковалентных связей между молекулами C_{60}. Фотополимеризация происходит неоднородно по толщине покрытия в тонком поверхностном слое, в котором поглощается излучение используемой длины волны [5]. Из представленных данных можно сделать вывод, что при наложении ультрафиолетового света в материале происходит изменение пористой поверхности. Этот эффект можно объяснить тем, что под действием фиолетового света снижается доля “одиночных” молекул C_{60}, поглощающих излучение вследствие возбуждения им электронных переходов, способствуя началу полимеризации и перераспределению электрического заряда [6].

Литература

1. Сорбирующие материалы, изделия, устройства и процессы управляемой адсорбции / В. В. Самонин, М. Л. Подвязников, В. Ю. Никонова и др. – СПб.: Наука, 2009. – 271 с.

2. Исследование сорбционных и бактерицидных свойств углеродных адсорбентов и фуллеренов / В. В. Самонин, Е. А. Спиридонова, М. Л. Подвязников, А.Д. Тихомирова. – ЖПХ – 2014. – Т. 87. – Вып. 7. – 995 с.

3. ГОСТ 17219-71. Угли активные. Метод определения суммарного объема пор по воде / Госстандарт. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.

4. ПНД Ф 14.1:2.48-96 Методика измерений массовой концентрации ионов меди в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом свинца / Минприроды РФ. – М., 1996. – 18 с.

5. *Казаченко В. П.* Структура полимерных покрытий из С60 полученных методом электронно-лучевого диспергирования фуллерита / В. П. Казаченко, И. В. Рязанов // Физика твердого тела. – 2009. – Т. 51. – Вып. 4. – 823 с.

6. *Левит Р. М.* / Углеродные волокнистые материалы с регулируемыми электрофизическими свойствами и изделия на их основе / Р. М. Левит. – М.: НИИТЭхим, 1978. – 51 с.

УДК 628.3

Артур Александрович Логинов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: arlog89@mail.ru

Artyr Aleksandrovich Loginov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: arlog89@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПЕРВИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ В РЕЖИМЕ ХИМИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

OPERATIONAL EFFICIENCY OF PRIMARY SEDIMENTATION TANKS UPON CHEMICAL REMOVAL OF PHOSPHOROUS FROM WASTE WATER

Основным фактором, определяющим интенсивность эвтрофикации водоемов, является поступление в водоемы со сточными водами значительного количества биогенных элементов – азота и фосфора. Целевым показателем работы первичных отстойников в процессе удаления фосфора при первичном отстаивании является: эффективность реагентного удаления фосфора при использовании реагентов. Введены зависимости расхода реагента на удаление фосфора, эффекта осветления сточных вод при реагентном удалении фосфора. Данные о расходах, затратах реагентов и концентрациях загрязнений получены из «Результатов анализа и отчетов о средних показателях загрязненности сточных вод в сборных камерах первичных отстойников» Северной станции аэрации за 2014–2015 гг., полученных от ГУП «Водоканал Снакт-Петербурга».

Ключевые слова: очистные сооружения, реагентное удаление фосфора, доза реагента, первичное отстаивание, эффект очистки.

The main factor determining intensity of eutrophication of water basins is introduction of a large number of biogenic elements (nitrogen and phosphorous) into basins with waste water. The target operation value of primary sedimentation tanks during phosphorous removal upon primary sedimentation is the efficiency of reagent phosphorous removal with the usage of reagents. Dependencies of reagent consumption for phosphorous removal and wastewater clarification effect upon reagent removal of phosphorous were introduced. The data about costs, reagent consumption and waste load are received from the “Results of analysis and reports of mean indicators of waste water contamination in collection chambers of primary sedimentation tanks” of the Northern Aeration Plant for 2014–2015 received from the State Unitary Enterprise “Vodokanal of Saint Petersburg”.

Keywords: waste water treatment facilities, reagent removal of phosphorous, reagent dosage, primary sedimentation, clarification effect.

В настоящее время все существующие станции аэрации Санкт-Петербурга работают в режиме реагентного удаления фосфора. В соответствии с требованиями [1] и [2], устанавливаются жесткие требования к содержанию в сточных водах биогенных элементов.

Для удаления фосфора на всех станциях аэрации Санкт-Петербурга применяется реагентное удаление фосфора. На ряде станций производится предварительное реагентное удаление фосфора совместно с первичным отстаиванием.

Главным целевым показателем работы первичных отстойников в режиме реагентного удаления фосфора является: снижение фосфора с целью достижения требований [1; 2], при использовании реагентов $Fe_2(SO_4)_3$ и $Al_2(SO_4)_3$.

Исследования процесса предварительного реагентного удаления фосфора базируются на данных эксплуатации первичных отстойников Северной станции аэрации. Основными конструктивными параметрами отстойников являются: диаметр первичных отстойников – 54 м; строительная глубина – 5,2 метра; число работающих отстойников – 3–4 шт.). Вводимыми параметрами являются: расход сточных вод, концентрация взвешенных веществ, фосфора фосфатов, зольность, температура сточных вод; выводимыми – концен-

трация взвешенных веществ, фосфора фосфатов в сборной камере после первичных отстойников; регулируемыми – высота стояния осадка, массовый расход реагента, число работающих отстойников (рис. 1).

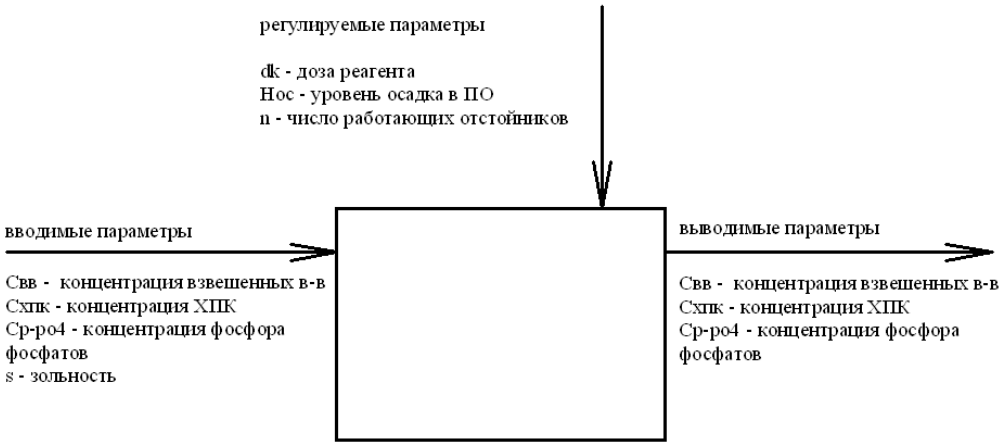


Рис. 1. Схема работы отстойника в режиме реагентного удаления фосфора

Обработан массив из 250 значений за период с августа 2014 г. по август 2015 г. Использовались показатели состава среднесуточных проб исходных сточных вод в приемной камере и осветленных СВ сборной камере первичных отстойников, данные по количеству работающих отстойников, расходам поступающих сточных вод и реагента. Дозирование реагента осуществлялось в нижний канал аэрируемой песколовки, смешение происходило в подводящих трубопроводах и распределительной камере перед первичными отстойниками. В качестве реагента за указанный период применялся сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 7,2 %.

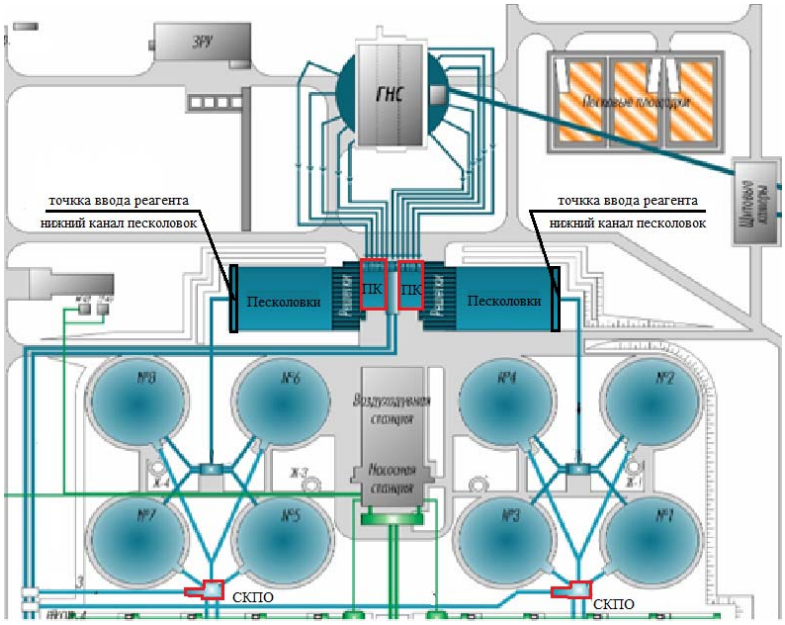


Рис. 2. Схема с точками дозирования реагента и отбора проб

Содержащийся в сточных водах фосфор можно подразделить на следующие формы: растворенный неорганический фосфор фосфатов, растворенный органический полифосфат, растворенный органический фосфор и органический фосфор, содержащийся во

взвешенных веществах. В процессе реагентной обработки удаляется фосфор фосфатов и часть органического, содержащегося в оседающих взвешенных веществах.

Процесс происходит в несколько стадий [2]: образование малорастворимых соединений (солей фосфора), коагуляция, флокуляция и осаждение.

Процесс реагентного удаления фосфора при помощи ионов алюминия можно упрощенно представить в виде выражения:

$$Al^{+3} + PO_4^{-3} = AlPO_4 \downarrow . \quad (1)$$

Эффективность удаления фосфора зависит от свойств стока, исходной концентрации фосфора фосфатов, и дозы вводимого реагента. Уравнение математической модели удаления фосфатов можно представить так:

$$\lg \frac{C^{en}_{P-PO_4}}{C^{ex}_{P-PO_4}} = A_1 {C^{en}_{P-PO_4}}^{\alpha_1} d_p^{\alpha_2} \times 10^{-3}, \quad (2)$$

где C^{ex}_{P-PO4} – концентрация фосфора фосфатов в осветленных сточных водах, мг/л; C^{en}_{P-PO4} – концентрация фосфора фосфатов в исходных сточных водах, мг/л; d_p – доза реагента по сухому веществу, мг/л.

С помощью уравнения (2) по заданным значениям $C^{en}_{P-PO_4}$ и $C^{ex}_{P-PO_4}$ определяется оптимальная доза реагента.

В результате математической обработки массива данных вычислены степенные коэффициенты для уравнения (2) и приведены в уравнении (3).

$$\lg \frac{C^{en}_{P-PO_4}}{C^{ex}_{P-PO_4}} = 3{,}7 {C^{en}_{P-PO_4}}^{0,46} d_p^{1,07} \times 10^{-3}. \quad (3)$$

Параллельно с процессом удаления фосфора идет процесс образования гидрооксидов металла с понижением карбонатной щелочности.

$$Al^{+3} + 3HCO_3^- = Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow . \quad (4)$$

Помимо образования фосфатов алюминия, часть дозы реагента расходовалась на коагуляцию иных загрязнений в связи с чем доза реагента превышала в 3–4 раза стехиометрическое соотношение. Средняя концентрация фосфора фосфатов в осветленном стоке составляла 1,2 мг/л, но не опускалось ниже 0,4 мг/л. Дальнейшее снижение концентрации фосфора фосфатов до норм сброса в водоемы осуществляется в ходе биологической очистки [3].

Не прореагировавшие с растворенным фосфатом ионы алюминия образуют гидроксиды. Из выражений (3) и (4), количество реагента, идущего на образование флокул $Al(OH)_3$, можно представить в виде:

$$d_к = d_p - \frac{M_{Al_2(SO_4)_3}}{M_{P-PO_4}} (C^{en}_{P-PO4} - C^{ex}_{P-PO4}), \quad (5)$$

где $M_{Al_2(SO_4)_3}$ – молярная масса реагента; M_{P-PO_4} – молярная масса фосфора фосфатов.

Математическую модель расчета кратности снижения взвеси можно представить в виде системы факторов и параметров типа:

$$\lg \frac{C_{en}}{C_{ex}} = \lg A + \alpha_1 \lg F_1 + \alpha_2 \lg F_2 + \alpha_3 \lg F_3 + \alpha_4 \lg F_4 + \alpha_5 \lg F_5 + \alpha_6 \lg F_6 + \alpha_7 \lg F_7 , \quad (6)$$

$$\frac{C_{en}}{C_{ex}} = A F_1^{\alpha_1} F_2^{\alpha_2} F_3^{\alpha_3} F_4^{\alpha_4} F_5^{\alpha_5} F_6^{\alpha_6} F_7^{\alpha_7} . \quad (7)$$

Фактор F_1 и фактор F_2 – свойства взвешенных веществ: концентрация C_{en} и зольность s.

Фактор F_3 – среднесуточная продолжительность отстаивания стоных вод.

Фактор F_4 – условия сбора осветленных сточных вод $\left(\frac{\mathrm{H_{set}}}{\mathrm{q_{вод}}}\right)$.

Фактор F_5 – геометрический фактор $\left(\frac{\mathrm{D}}{\mathrm{H}}\right)$.

Фактор F_6 – условия выгрузки осадка.

Фактор F_7 – влияние дозы добавляемого реагента.

Уравнение снижения взвешенных веществ и органических загрязнений в процессе безреагентного отстаивания [4]:

$$\lg\frac{C_{en}}{C_{ex}} = AC_{en}^{\alpha_1}s^{\alpha_2}t_{cp}^{\alpha_3}\left(\frac{\mathrm{H_{set}}}{\mathrm{q_{вод}}}\right)^{\alpha_4}\times 10^{-3}, \qquad (8)$$

где C_{en} – среднесуточная концентрация взвешенных веществ в приемной камере, мг/л; C_{ex} – среднесуточная концентрация взвешенных веществ в сборной камере после первичных отстойников, мг/л; s – зольность осадка, в долях от единицы; t_{cp} – продолжительность отстаивания, с; H_{set} – глубина проточной части отстойника, м; $q_{вод}$ – гидравлическая нагрузка на ребро водослива м^3/ч на 1 п. м.

С учетом реагентного удаления фосфора уравнение (10) принимает вид:

$$\lg\frac{C_{en}}{C_{ex}} = AC_{en}^{\alpha_1}s^{\alpha_2}t_{cp}^{\alpha_3}\left(\frac{\mathrm{H_{set}}}{\mathrm{q_{вод}}}\right)^{\alpha_4}(1+B\times d_к))^{\alpha_5}\times 10^{-3}. \qquad (9)$$

Сравнительный график концентрации взвешенных веществ в осветленном стоке приведен на рис. 3

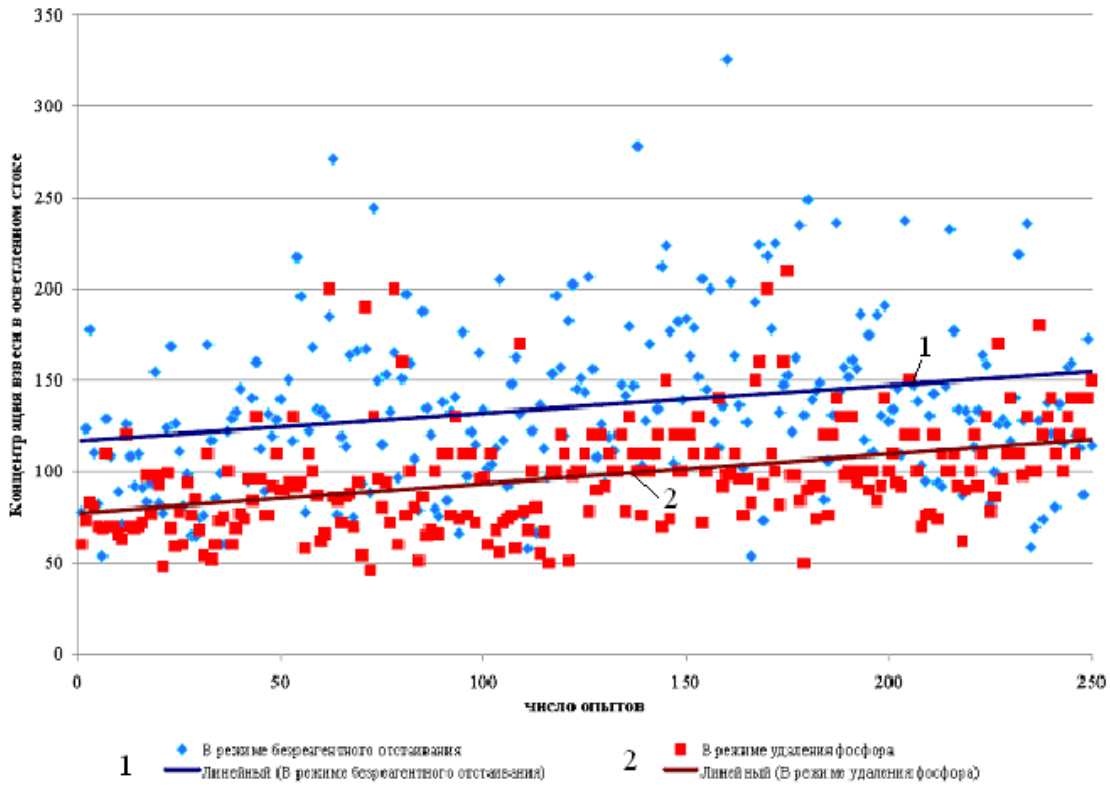


Рис. 3 Сравнительный график концентрации взвешенных веществ в осветленном стоке при реагентном и безрегентном режиме работы отстойников

На основании данных о безреагентном и реагентном осветлении сточных вод можно сделать вывод о том, что в результате реагентного удаления фосфора возрастает эффективность удаления взвешенных веществ.

Выводы

1. При работе первичных отстойников в режиме реагентного удаления фосфора в результате реакции гидролиза реагент расходуется на образование нерастворимых солей фосфатов и окислов металла и металлоорганических соединений.

2. Составлено математическое описание процесса кратности снижения фосфора, фосфатов и взвешенных веществ. Полученная модель позволяет определять требуемую дозу реагента для доведения фосфора, фосфатов до необходимого для биологической очистки уровня.

3. Результаты работы будут использованы для автоматизации и оптимизации процесса реагентной обработки и оптимизации процесса биологической очистки.

Литература

1. Конвенция по защите природной морской среды района Балтийского моря 1992 г. [Электронный ресурс] // ГГУП «СФ Минерал»: официальный сайт. – URL: http://www.helcom.ru/media/helcon (дата обращения: 23.03.2016).

2. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20. – Зарегистрирован в Минюсте РФ 09.02.2010, № 16326. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902199367 (дата обращения: 23.03.2016).

3. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. – М.: Изд-во «Мир», 2004. – 480 с.

4. *Мишуков Б. Г.* Математическое описание работы первичных радиальных отстойников Санкт-Петербурга / *Б. Г. Мишуков, Е. А. Соловьева* // Вода и экология: проблемы и решения. – 2000. – № 3. – С. 45–48.

УДК 574:504.4.054

Светлана Витальевна Макарова, канд. биол. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: water@spbgasu.ru, s.makarius@mail.ru

Svetlana Vitalievna Makarova, PhD of Biol. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: water@spbgasu.ru, s.makarius@mail.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕВЕРНОЙ КУРОРТНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

ENVIRONMENTAL ISSUES OF THE NOTHERN RESORT ZONE OF THE EASTERN PART OF THE GULF OF FINLAND

В работе приводятся результаты санитарно-микробиологических и гидробиологических исследований, проведенных в июле – октябре 2015 г. на побережье Финского залива (г. Зеленогорск). Отмечен высокий уровень бактериального загрязнения прибрежных вод, источником которого являются малые водотоки, протекающие по неканализованным территориям и впадающие в залив. Нормативные значения бактериального загрязнения в ручье Жемчужный были превышены в 32–76 раз. Высокая биогенная нагрузка в сочетании со специфическими природными условиями мелководного района восточной части Финского залива приводит к интенсивному развитию процессов эвтрофирования. Вследствие этого периодически возникает цветение воды, вызванное потенциально токсичными видами цианобактерий, а также наблюдается массовое развитие нитчатой макроводросли *Cladophora glomerata (L.)Kutz.* Разлагающаяся биомасса нитчатых водорослей является благоприятной средой для размножения патогенных бактерий, что создает эпидемиологически опасную ситуацию на пляжах.

Ключевые слова: Финский залив, малые водотоки, бактериальное загрязнение, эвтрофирование, цветение воды, цианобактерии, макроводоросли.

The paper presents results of sanitary microbiological and hydrobiological studies conducted on the coast of the Gulf of Finland (the city of Zelenogorsk) from July to October 2015. High level of bacterial pollution of coastal waters was noted, the source of which is minor streams flowing through unsewered areas and getting into the Gulf. Bacterial pollution in the Zhemchuzhny brook exceeded the regulatory levels by 32–76 times. High biogenic load combined with specific natural conditions of shallow water area of the Eastern part of the Gulf of Finland leads to intensive development of eutrophication. Due to these reasons, there is a periodic blooming of water caused by potentially toxic species of cyanobacteria as well as an intensive growth of filamentous macroalgae *Cladophora glomerata (L.)Kutz.* Decomposing biomass of filamentous algae is a favorable environment for growth of pathogenic bacteria, which creates a dangerous epidemiological situation at the beaches.

Keywords: the Gulf of Finland, minor streams, bacterial pollution, eutrophication, water blooming, cyanobacteria, macroalgae.

Северное побережье восточной части Финского залива является местом массового отдыха жителей Санкт-Петербурга и его окрестностей с конца XIX в.

В настоящее время санитарная и экологическая обстановка на пляжах побережья является крайне неблагополучной. В течение последних лет купание в Финском заливе в границах Курортного района запрещено Роспотребнадзором.

Для характеристики экологического и санитарного состояния в июле-октябре 2015 г. осуществлялись наблюдения на пляже «Золотой» в г. Зеленогорске. Был проведен санитарно-микробиологический анализ прибрежных вод и воды ручья Жемчужный, впадающего в Финский залив в западной части пляжа. Для культивирование общих колиформных бактерий (ОКБ) использовали на среду Эндо. Гидробиологические исследования включали определение видового состава и количественных характеристик фитопланктона, а также визуальную оценку степени развития нитчатой зеленой макроводоросли *Cladophora glomerata (L.)Kutz.*

Результаты исследований приведены в таблице.

Качество воды по микробиологическим показателям в прибрежной зоне Финского залива было крайне неудовлетворительным: отмечалось постоянное превышение допустимого содержания колиформных бактерий (в 2–42 раза). В соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00 «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения», в воде водоемов рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест допускается присутствие не более 500 КОЕ в 100 мл.

Близким к установленному нормативу значение (600 КОЕ в 100 мл) отмечалось лишь 25 августа, что совпало с цветением воды. Известно, что цианобактерии (синезеленые водоросли), вырабатывая специфические токсины, подавляют рост других микроорганизмов, и в том числе, бактерий кишечной группы. Наибольший уровень бактериального загрязнения прибрежных вод Финского залива отмечен в октябре, когда вегетация фитопланктона снизилась.

Одним из основных источников микробного загрязнения прибрежных вод на исследованном участке является ручей Жемчужный. В воде ручья концентрация общих колиформ была на порядок выше, чем в воде залива, а нормативы в летне-осенний период были превышены в 32–76 раз. Низкая температура воды в ручье (менее 14 ºС) в течение всего вегетационного сезона замедляет процессы самоочищения и способствует сохранению жизнеспособности аллохтонных микроорганизмов.

Высокое микробное загрязнение ручья, по-видимому, является круглогодичным. Так, содержание ОКБ в его водах в марте 2016 г. при температуре воды 1,9 °С составило $4{,}4\times10^4$ КОЕ в 100 мл (в 88 раз выше норматива).

Следует заметить, что сходные результаты микробиологического анализа были получены и для малого водотока «ручей №6», впадающего в Финский залив в 2 км к востоку от устья ручья Жемчужного. Содержание ОКБ в воде ручья в августе – сентябре составляло $2{,}5\times10^4$ – $6{,}2\times10^4$ КОЕ на 100 мл.

Таблица

Результаты санитарно-микробиологических и гидробиологических исследований

Объект	Дата	$T_{воды}$, °С	ОКБ, КОЕ/100 мл	Биомасса фитопланктона, мг/л	Доля цианобактерий в общей биомассе, %
Финский залив (пляж «Золотой»)	21.07.15	19,1	$1,6 \times 10^3$ (3,2)	4,53	69,2
	05.08.15	21,0	$1,2 \times 10^3$ (2,4)	4,30	42,6
	25.08.15	22,5	6×10^2 (1,2)	24,75	92,2
	13.09.15	18,5	$9,4 \times 10^3$ (18,8)	10,36	83,5
	07.10.15	8,8	$2,1 \times 10^4$ (42)	1,00	35,0
Ручей Жемчужный	5.08.15	12,4	$1,6 \times 10^4$ (32)	-	-
	25.08.15	13,6	$3,1 \times 10^4$ (62)	-	-
	13.09.15	10,0	$1,9 \times 10^4$ (38)	-	-
	7.10.15	5,6	$3,8 \times 10^4$ (76)	-	-

Примечание. КОЕ – колонии образующие единицы; в скобках – кратность превышения норматива

Высокая микробная загрязненность водотоков, по всей вероятности, является следствием поступления неочищенных сточных вод с обширных неканализованных территорий, причем эта проблема существует еще с советских времен.

Общая биомасса фитопланктона в прибрежье залива варьировала в широких пределах и составляла 1,0–24,7 мг/л.

Цветение воды, как в прибрежной части, так и в открытых районах северной курортной зоны Финского залива обычно возникает в условиях штилевой погоды с июля по сентябрь в широком диапазоне температур воды (14–25 °С). Это явление было зарегистрировано нами 12, 25 августа и 13 сентября. В августе наблюдалось массовое развитие колониальных цианобактерий *Microcystis aeruginosa Kutz.* и *Anabaena lemmermannii P.Richt.,* а в сентябре – *M.aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae (L.)Ralfs.* Доля цианобактерий в общей биомассе фитопланктона достигала 92 %.

В числе массовых отмечены также виды-индикаторы эвтрофных условий – диатомовая водоросль *Skeletonema subsalsum (Grev.)Cl.* и цианобактерия *Planktothrix agardhii (Gom.)Anagn.et Kom*. В целом, видовой состав фитопланктона с преобладанием цианобактерий, зеленых и диатомовых водорослей был характерным для данного района восточной части Финского залива.

Цианобактерии, перечисленные выше, относятся к потенциально токсичным. Химическая структура цианотоксинов и механизм их действия на организм человека и теплокровных животных к настоящему времени хорошо изучены. По направленности воздействия выделяют нейротоксины, гепатотоксины, дерматотоксины и эндотоксины.

При рекреационном водопользовании наибольшее значение имеют две последние группы токсинов. Так, дерматотоксины вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек глаз и носа, а воздействие эндотоксинов (при случайном заглатывании клеток цианобактерий) сходно с симптомами кишечных инфекций.

Наибольшую тревогу у отдыхающих (по данным СМИ), вызвало цветение воды в сентябре 2015 г. Цианобактерии обладают специфическими синими пигментами – фикоцианинами и аллофикоцианинами. Осев на камнях и песке, цианобактерии придали им голубоватую окраску, что было расценено как результат сброса химических загрязняющих веществ и стало причиной обращения граждан в природоохранную прокуратуру.

Массовое развитие *Cladophora glomerata* на пляже «Золотой» наблюдалось, в основном, в месте впадения ручья Жемчужного, что указывает на высокое содержание биогенных веществ в его водах. Кроме того, каменистое дно на этом участке создает благоприятные условия для закрепления водоросли.

Наивысший количественный уровень развития кладофоры (по визуальным оценкам) был достигнут в августе. В сентябре началось интенсивное гниение водорослей на фоне сохраняющейся теплой погоды, отсутствия сильных ветров и пониженного уровня воды. Отсутствие активной ветро-волновой деятельности препятствовало вымыванию продуктов разложения, в результате чего в прибрежье скопилось большое количество гниющей биомассы. Естественная очистка пляжа от большей части отмершей кладофоры произошла в октябре.

Интенсивная вегетация кладофоры отмечается на многих участках северного побережья залива от г. Сестрорецка до г. Зеленогорска. После сильных штормов биомасса водорослей здесь может достигать 2 т на 100 м берега. Подобная проблема отмечается также на южном побережье Невской губы, где наиболее неблагополучными в санитарном отношении являются эвтрофные прибрежные районы от г. Петродворца до г. Ломоносова [1].

Разлагающиеся водоросли не только ухудшают эстетическую ценность рекреационных зон, но и являются серьезным источником вторичного загрязнения воды. Процесс гниения сопровождается ухудшением кислородного режима в прибрежье, что может приводить к гибели гидробионтов. Кроме того, по мере разрушения биомассы происходит высвобождение биогенных элементов, прежде всего, фосфора, который, поступая, в воду и донные отложения будет создавать внутреннюю биогенную нагрузку, стимулируя процессы эвтрофирования в течение последующих вегетационных сезонов.

Продукты разложения *C.glomerata* являются благоприятной средой для развития микроорганизмов. Имеются экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что разлагающаяся кладофора в восточной части Финского залива является благоприятным потенциальным субстратом для выживания и размножения патогенных микроорганизмов, в частности, *Salmonella enteritidis*. Кроме того, была отмечена аккумуляция на водорослях колиформных бактерий, сохранявших способность к росту и размножению даже после высушивания [2]. Если принять во внимание высокую бактериальную загрязненность прибрежных вод залива, а главное воды ручья Жемчужного, то можно говорить о том, что развитие *C.glomerata* на пляже «Золотой» создает опасную в эпидемиологическом отношении ситуацию.

Как цветение воды, так и вегетация *C.glomerata* являются следствием эвтрофирования. Развитию этих процессов в мелководном районе восточной части Финского залива способствуют не только высокая обеспеченность биогенами, поступающими из различных источников, но и природные условия (низкая соленость, мелководность, особенности гидродинамики).

Что касается источников биогенов, то для мелководного района в целом главную роль играет внутренняя нагрузка – до 75 % по общему фосфору и до 51 % по общему азоту [3], а в прибрежье немаловажную роль играет поверхностный сток.

Вся восточная часть Финского залива характеризуется высокой гидродинамической активностью. Особенности распространения полос транзита невских вод в западном направлении и поступление морских вод в восточном направлении в придонном слое, в сочетании с морфометрией водоема создают различные, меняющиеся во времени циркуляционные образования, охватывающие всю водную толщу от поверхности до дна. Наиболее часто циркуляционные течения отмечаются именно в северной курортной зоне; они выступают как ловушки биогенов, что оказывает непосредственное влияние на развитие эвтрофикации.

Таким образом, основными проблемами исследованного участка северной курортной зоны Финского залива (г. Зеленогорск и его окрестности) является бактериальное загрязнение прибрежных вод и последствия эвтрофирования. Одним из основных источников микробного загрязнения являются ручьи, в которые поступают сточные воды с неканализованных территорий. Неблагоприятная санитарная обстановка осложняется регу-

лярно возникающими цветениями воды потенциально токсичными цианобактериями, а также разложением нитчатых водорослей.

Во многих странах по рекомендации ВОЗ введены нормативы на содержание цианотоксинов в воде водоемов; ведется просветительская работа о вреде цианобактерий, на пляжах в период цветения водоемов устанавливают предупредительные информационные щиты. В России нормативы содержания цианотоксинов отсутствуют, а уровень знаний населения о причинах и возможных вредных последствиях цветения воды крайне низок.

Решить проблему поступления неочищенных сточных вод в малые водотоки и снизить таким образом бактериальное загрязнение и поступление биогенов в ближайшее время, по всей видимости, не удастся.

В последние годы ситуация усугубляется активной застройкой побережья. Строительство в водоохраной зоне коттеджных комплексов, ресторанов и апартаментов обостряет вопрос очистки сточных вод, так как канализационные очистные сооружения Зеленогорска имеют малую производительность и требуют модернизации. Кроме того, повысится поступление загрязняющих и биогенных веществ в залив в результате вырубки прибрежной растительности, а также за счет возможного несанкционированного сброса сточных вод с построенных объектов.

Невозможно радикально повлиять и на процессы эвтрофирования, протекающие в мелководном районе восточной части Финского залива, так как их развитию благоприятствуют природные особенности данной акватории и внутренняя биогенная нагрузка.

Тем не менее, улучшить санитарное состояние пляжей можно, удаляя биомассу нитчатых макроводорослей и не допуская их разложения в прибрежье. Кроме того, целесообразно устанавливать информационные предупредительные щиты во время цветения воды, что при наличии постоянно действующих спасательных станций (в том числе и на пляже «Золотой») не должно является существенной проблемой.

Литература

1. Проблемы эвтрофирования прибрежных вод эстуария реки Невы / Ю. И. Губелит, С. М. Голубков, Н. А. Березина, В. Н. Никулина // Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы; под ред. А. Ф.Алимова, С. М.Голубкова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, – 2008. – С. 338–345.

2. *Gubelit Yu. I.* Growth of Enterobacteria on Algal Mats in the Eastern Part of the Gulf of Finland / Yu. I. Gubelit, M. B. Vainshtein // Inland Water Biology. – 2011. – Vol. 4. – No. 2. – P. 132–136.

3. Долевое участие сточных вод Санкт-Петербурга в биогенной нагрузке на Невскую губу и восточную часть Финского залива / Е. Неверова-Дзиопак, М. И. Алексеев, Г. И. Копина, Л. И. Цветкова // Материалы X Международного экологического форума «День Балтийского моря». – СПб. – 2009. – С. 126–132.

УДК628.21

Антон Владимирович Малков, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Виктор Михайлович Васильев, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: gidr1@spbgasu.ru, malkov-anton@bk.ru

Anton Vladimirovich Malkov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Victor MihaylovichVasiliev, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail:gidr1@spbgasu.ru, malkov-anton@bk.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ, РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ГАЗООБРАЗНОЙ СРЕДЫ, ДВИЖУЩЕЙСЯ В САМОТЕЧНЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УВЛЕКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖИДКОСТИ

THEORETICAL RESEARCH: CALCULATION OF AMOUNT OF GASEOUS MEDIUM FLOW IN DEEP LAID GRAVITY FLOW SEWERS CAUSED BY ENTRAINING LIQUID CAPACITY

Две несмешивающиеся жидкости (сточная жидкость и газообразная среда) текут по канализационному коллектору в направление оси X. Сточная жидкость течет под влиянием гравитационных сил, а газообразная среда под влиянием градиента давления и увлекающей способности жидкости. В статье описан вывод теоретической зависимости (уравнения), позволяющего производить расчет количества газа, движущегося в подсводном пространстве канализационной сети, увлекаемого потоком жидкости в единицу времени в зависимости от различных параметров канализационной сети. Приведены численные значения полученных расчетов в сравнении с расчетами другой эмпирической зависимости. Сравнение результатов показало хорошую сходимость в требуемом диапазоне диаметров канализационных коллекторов и их заполнений.

Ключевые слова: совместное движение, движение газа, увлекающая способность жидкости, двухфазное течение, совместное течение, газообмен.

Two immiscible fluids (sewage liquid and gaseous medium) flow down the sewer in the direction of axis X. The sewage liquid flows under the influence of the gravitational force, while the gaseous medium flows under the influence of the pressure gradient and entraining liquid capacity. This article describes the development of theoretical dependence (equation) which allows calculating the amount of gas moving in the underroof space of the sewer networkand being entrained by the flow of liquid per unit time depending on different parameters of the sewer network.The numerical values of the obtained calculations in comparison with the calculations of another empirical dependence are reported. The comparison of results has demonstrated a good repeatability in the required range of diameters of sewers and their fill-up.

Keywords: joint movement, movement of gas, entraining liquid capacity, 2-phase flow, simultaneous flow, gas exchange.

Две несмешивающиеся жидкости (сточная жидкость и газообразная среда)текут по канализационному коллектору в направление оси X (рис. 1). Сточная жидкость течет под влиянием гравитационных сил, а газообразная среда под влиянием градиента давления и увлекающей способности жидкости.

До настоящего времени канализационная сеть глубокого заложения рассчитывается на транспортировку сточной жидкости без аэродинамического расчета (учета движения газообразной среды в подсводном и шахтном пространстве канализационной сети) (рис. 2). Отсутствие аэродинамического расчета связано с определенными трудностями в производстве такого рода расчетов.

Отсутствие воздухообмена в канализационной сети способствует концентрации агрессивных газов в подсводном пространстве сети, конденсации агрессивных газов на поверхность сооружений сети, коррозии бетона, дезорганизованному движению газообразной среды в канализационной сети, к образованию воздушных пробок, срыву шахтных крышек, выбросу газообразной среды, насыщенной агрессивными газами, на дневную поверхность земли,что приводит к появлению неприятного запаха в разных местах города,

появлению открытых шахт, опасных для населения, негативного влияет на население и способствует поддержанию неблагоприятной, с точки зрения экологии, обстановки в целом.

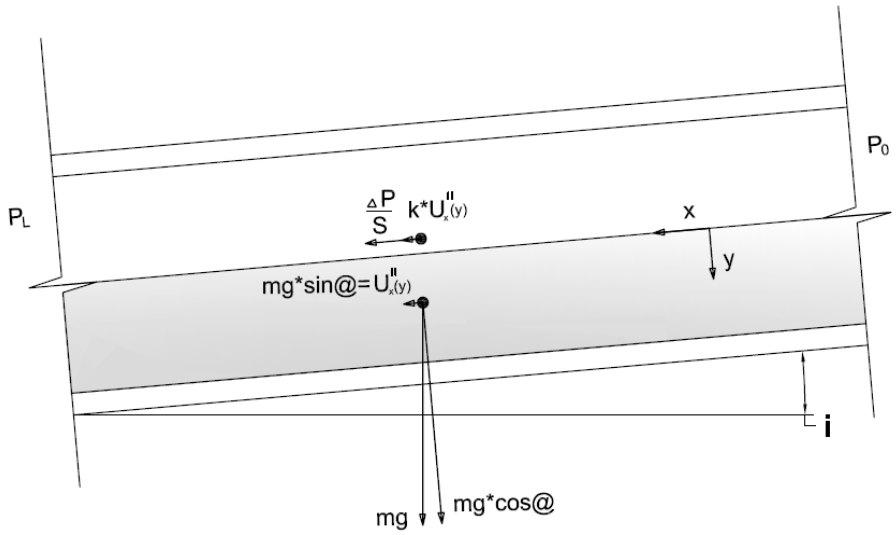


Рис. 1. Силы, действующие на поток сточной жидкости и поток газообразной среды

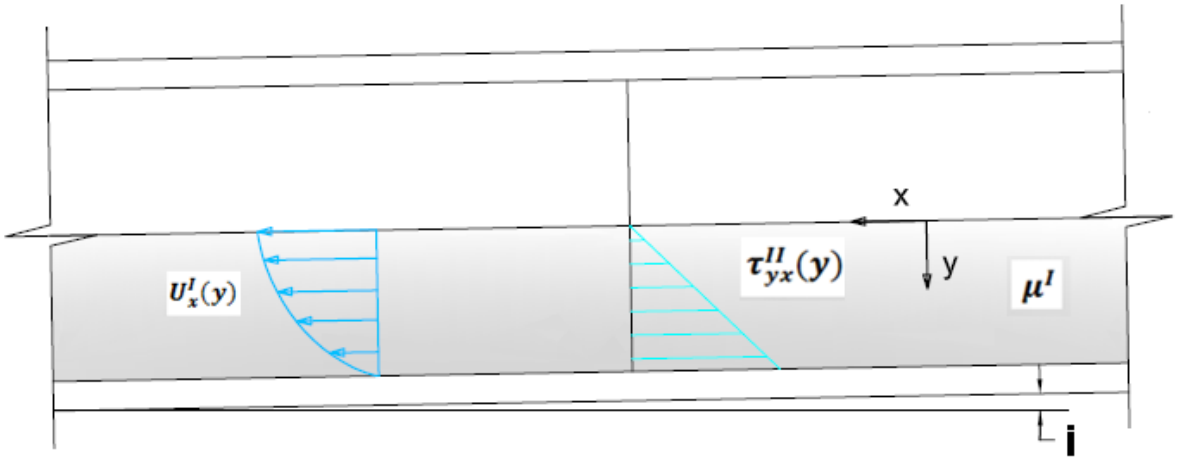


Рис. 2. Существующая расчетная схема (эпюра распределения скоростей сточной жидкости и эпюра передачи количества движения)

В коллекторе всегда идет двухфазовое, не смешиваемое, движение веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях (жидком и газообразном), с разными режимами движения.

Движение сточной жидкости по коллекторам подробно рассмотрено в различных литературных изданиях [1], является понятным физическим процессом и не требует дальнейшего разъяснения.

Как уже было отмечено, движение газообразной среды в коллекторе происходит за счет:

- увлекающей способности жидкости (эпюра распределения скоростей газообразной среды 1) (рис. 3). Сточная жидкость передает количество движения газообразной среде, тем самым вовлекая ее в движение вдоль коллектора по направлению течения жидкости. Данная сила является поверхностной силой. Более подробно данный вопрос рассмотрен ниже;

- разности давления между порталами участка коллектора (эпюра распределения скоростей газообразной среды 2) (см. рис. 3). За счет разности давления между порталами участка коллектора часть потенциальной энергии давления переходит в кинетическую энергию потока газообразной среды, тем самым, вовлекая ее в движения вдоль коллектора. Направление движения зависит от направления градиента давления. На рис. 3 направление движения потока газообразной среды за счет увлекающей способности жидкости и разности давления между порталами участка коллектора совпадают. Данная сила является массовой силой и будет рассмотрена более подробно в следующей статье.

При спутном направлении потоков газообразной среды, побужденных в движение за счет поверхностной и массовой сил соответственно, эпюра распределения скоростей потока газообразной среды будет выглядеть согласно эпюре 3 (см. рис. 3).

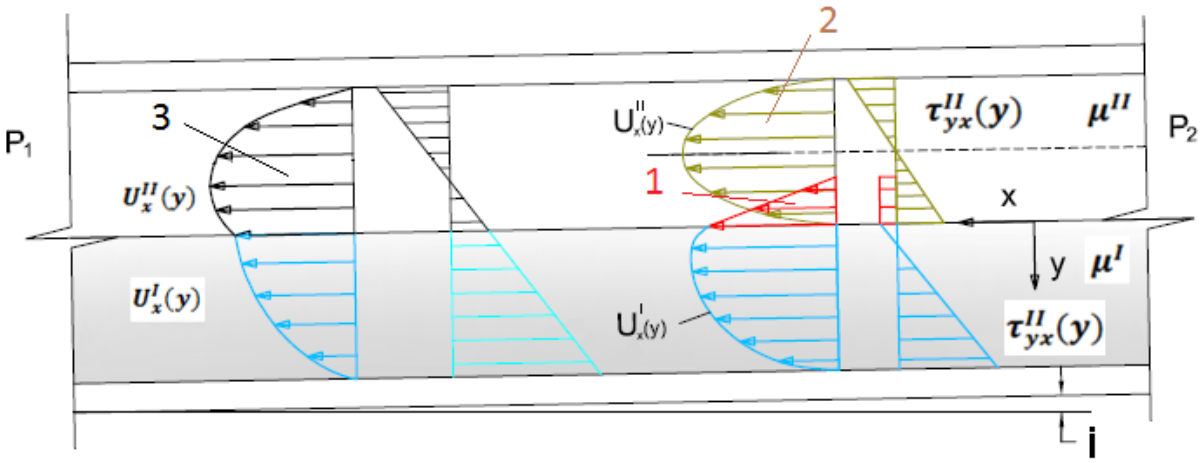


Рис. 3. Расчетная схема с учетом движения газообразной среды:
1 – эпюра распределения скоростей газообразной среды движущейся за счет увлекающей способности жидкости; 2 – эпюра распределения скоростей газообразной среды движущейся за счет разности давления между 2 порталами участка коллектора; 3 – эпюра распределения скоростей газообразной среды движущейся за счет увлекающей способности жидкости и разности давления между 2 порталами участка коллектора

Поверхностная сила оказывает свое воздействие на газообразную среду в момент движения сточной жидкости по коллектору. Другими словами, движение газообразной среды за счет поверхностной силы увлекающей способности жидкости постоянно во времени и направлении, изменяемо в малом диапазоне расходов (при h/D = 0,2–0,8), увлекает в движение часть газообразной среды коллектора, зависит от скорости сточной жидкости на поверхности потока, гидравлического уклона, заполнения коллектора.

Массовая сила оказывает свое действие на газообразную среду в случае разности давления между порталами участка коллектора. Движение газообразной среды за счет разности давления между порталами участка коллектора носит непостоянный характер как в направлении действия, так и в величине воздействия на газообразную среду, изменяемо, относительно диапазона расхода газообразной среды за счет увлекающей способности жидкости, в большом диапазоне расходов, увлекает в движение всю газообразную среду коллектора и зависит от конструктивных особенностей участка коллектора и всей сети в целом, температуры дневной поверхности, ее градиента и других различных факторов.

При совместном действии поверхностных и массовых сил на газообразную среду силы оказывают положительное воздействие друг на друга при спутном направлении действия сил и отрицательное при разнопутном действии сил соответственно. Как правило, соотношения количества потока газообразной среды, движущегося по коллектору за счет поверхностной силы, и поток газообразной среды, движущегося по коллектору за счет массовой силы, распределяются в диапазоне от 1:1 до 1:20 соответственно.

Массовые силы могут достигать больших значений, их возможно регулировать как по количеству, так и направлению действия, практически не зависят от гидравлики потока сточной жидкости, а следовательно, более просты в регулировании, имеют более сложную «природу» и поэтому являются объектом более объемного изучения, нежели поверхностные силы.

Увлекающая способность жидкости имеет место быть всегда. Поэтому движение воздуха в канализационной сети существует всегда, что связано не только с увлекающей способностью жидкости, но и с регулярными колебаниями уровня жидкости в сети, увеличивающими и уменьшающими объем подсводного пространства, тем самым вовлекая в движение или, наоборот, выталкивая газ на дневную поверхность.

Вопросам воздухообмена различных подземных пространств посвящено множество работ [2; 3; 3; 5; 6]. Но в отличие от канализационных тоннелей, в других подземных пространствах отсутствует двухфазное, не смешиваемое течение жидкости и газа. И такой процесс, как увлечение газообразной среды движущейся жидкостью не имеет места быть.

Рассматривая вопрос увлечения газовой среды потоком жидкости в самотечных канализационных коллекторах, В. М. Васильев в своих работах [7; 8; 9] писал, что режим распределения скорости по сечению трубы может быть описан уравнением Навье – Стокса для установившегося движения следующего вида:

$$\frac{dP}{dX} = \mu_{\text{В}} \frac{d^2U}{dy^2}, \qquad (1)$$

где $\frac{dP}{dX}$ –изменение давления воздуха по оси движения, кг/м^3; $\mu_{\text{В}}$ – коэффициент динамической вязкости воздуха, кг*с/ м^2; y – расстояние от поверхности жидкости до рассматриваемой точки, с; U – скорость жидкости в рассматриваемой точке м/с;

При интегрировании уравнения (1) были приняты граничные условия: при $y = 0$, $U = V_{\text{в.пов.}}$(осевая скорость течения жидкости на поверхности); При $y = h_{\text{в}}$, $U = 0$ (скорость на своде трубы).**Ошибка! Источник ссылки не найден.**

В результате расчета получилась эпюра распределения скоростей параболического вида (рис. 4):

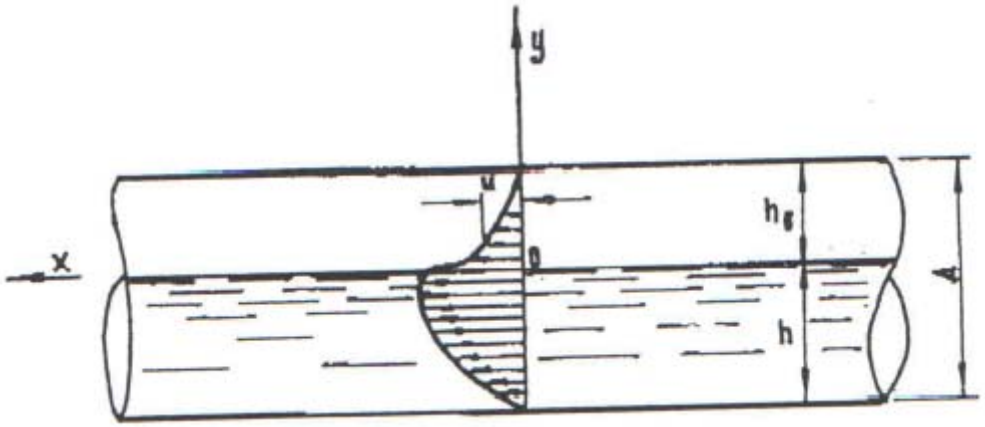


Рис. 4. Эпюра распределения скорости в газообразной среде и водном потоке по варианту Васильева В. М.

В соответствии с полученными результатами была рассчитана эмпирическая формула для определения средней скорости газообразной среды, увлекаемой потоком жидкости (2):

$$V_{\text{В.УВ.}} = \frac{\left(0{,}4\frac{h}{D} + 0{,}82\right) \cdot V_{\text{В.ПОВ.}}}{2{,}8 \cdot Fr_B^{-0{,}6} + 1}, \qquad (2)$$

В предлагаемом уравнении Навье – Стокса (1) в левой части уравнения стоит $\frac{dP}{dX}$, которое обозначает изменение давления газовой среды по оси движения. Остается непонятным, почему в уравнении, описывающем количество воздуха, увлекаемого потоком жидкости, присутствует дифференциал изменения давления. Также не обосновывается принятие граничных условий интегрирования. Учитывая, что данные о количестве увлекаемой жидкости были получены на канализационных коллекторах большого диаметра (1,8–2 м), выполненных из железобетона с определенным заполнением, то использование данной зависимости для канализационных коллекторов, покрытых (выполненных) полимерными материалами, и иных диаметров тоннелей канализационной сети, отличных от экспериментальных, а также в широких диапазонах заполнения сети, является малоприемлемым.

Процесс увлечения газовой среды потоком сточной жидкости можно математически описать при помощи закона вязкости Ньютона, который описывает процесс передачи количества движения от движущейся пластины к жидкости [10]:

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{V}{Y}. \qquad (3)$$

Движущаяся сточная жидкость в направлении оси X со скоростью V передает газообразной среде некоторое количество движения. В результате чего в газообразной среде устанавливается стационарный профиль скорости (рис. 5).

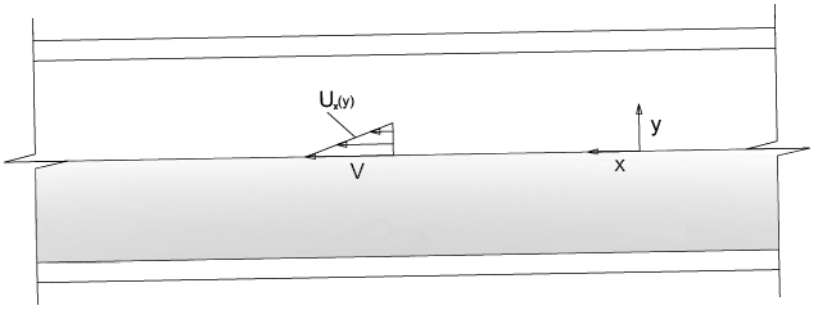


Рис. 5. Формирование стационарного профиля скорости газообразной среды, увлекаемого движущейся сточной жидкостью

Из формулы (3) видно, что скорость течения слоя уменьшается пропорционально увеличению расстояния Y. Коэффициент пропорциональности μ называется коэффициентом динамической вязкости, или просто динамической вязкостью жидкости.

Для дальнейшего изложения окажется полезным переписать уравнение (3) в более полном виде. Касательное напряжение, прилагаемое в направлении X к поверхности слоя жидкости, расположенного на расстоянии Y от поверхности жидкости, обозначим через τ_{xy}, а компонент вектора скорости жидкости по координате X – через U_x. Тогда в приведенных обозначениях уравнение (3) можно переписать следующим образом:

$$\tau_{xy} = -\mu \frac{dU_x}{dy}, \qquad (4)$$

где τ_{xy} – касательное напряжение, Па; μ – динамическая вязкость потока, Па*с.

Интегрируя последнее уравнение, нетрудно получить:

$$U_x = \left(-\frac{\tau_{xy}}{\mu} \right) \cdot y + C \,. \tag{5}$$

Для определения константы интегрирования воспользуемся следующим граничным условием (перенос количества движения происходит без скачка на границе раздела двух фаз):

При y = 0, $U_x = V_{В.ПОВ.}$

Перепишем последнее уравнение (5):

$$U_x = \left(-\frac{\tau_{xy}}{\mu} \right) \cdot y + V_{\text{В.ПОВ.}} \tag{6}$$

Для определения распределения скорости потока газообразной среды, увлекаемой потоком движущейся жидкости, необходимо знать распределение количества движения, передаваемого от движущейся сточной жидкости газообразной среде.

Для решения данного вопроса рассмотрим движение двух несмешивающихся фаз (сточной жидкости и газообразной среды) в тонкой щели длиной L и шириной B. Причем скорость течения фаз такова, что щель наполовину заполнена сточной жидкостью (более плотная фаза) и наполовину газообразной средой (менее плотная фаза). Сточная жидкость движется под действием гравитационных сил, а газообразная среда только под действием увлекающей способности жидкости (рис. 6).

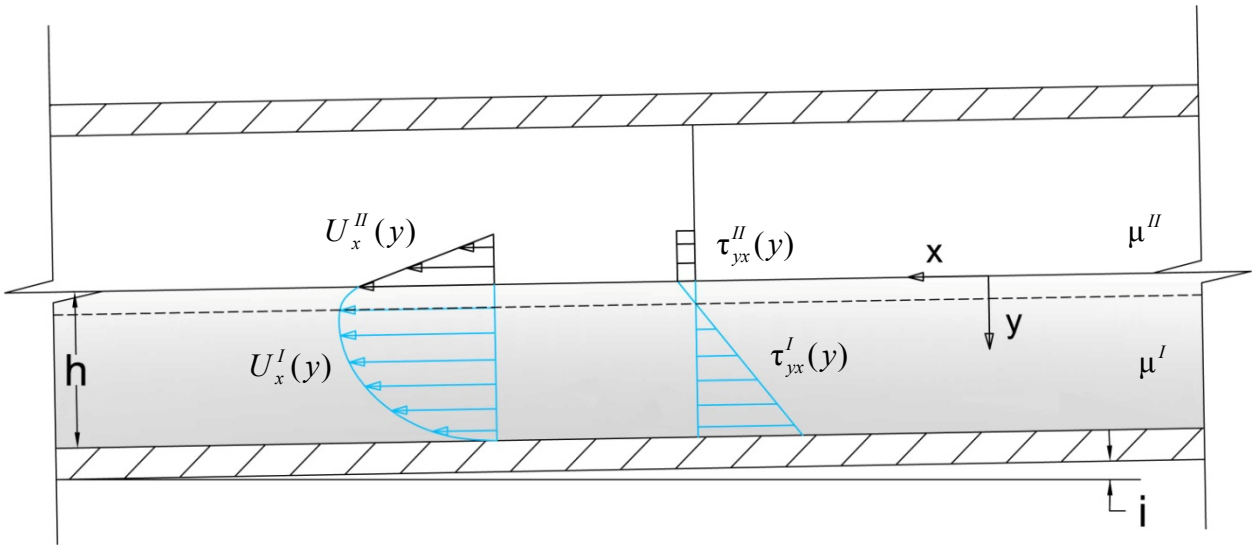


Рис. 6. Эпюры распределения скорости и передачи количества движения в газообразной среде и водном потоке согласно закону вязкости Ньютона

Баланс количества движения, записанный для тонкого слоя, движущегося под действием гравитационных сил (сточной жидкости), приводит к следующему дифференциальному уравнению для потока количества движения τ_{xy} [10]:

$$\frac{d}{dy}\tau_{xy}^{I} = \rho g \cos\alpha \,. \tag{7}$$

Интегрируя его, найдем:

$$\tau_{xy}^{I} = \rho g y \cos\alpha + C_1^{I} \,, \tag{8}$$

где τ_{xy}^{I} – количество движения, передаваемое между слоями сточной жидкости вдоль оси Y.

Анализируя эпюры, представленные на рис. 3 и 6, можно видеть, что при включении в расчет процесса увлечения газа потоком жидкости эпюры скоростей и передачи количества движения несколько меняются. Увлекаемый поток газа принимает некоторое ко-

личество движения, тем самым притормаживает жидкость на поверхности потока. Понятным является то, что передаваемое количество движение (из-за значительной разности вязкости 2-х сред) незначительно влияет на поток сточной жидкости и может быть принято (применимо к потоку сточной жидкости) равным нулю.

Для определения неизвестной в формуле (8) примем допущение и используем следующее граничное условие. Позже мы учтем данное допущение.

При $y = 0$:

$$\tau_{xy}^{I} = 0 \text{ (рис. 3);}$$

$$C_1^I = 0.$$

Следовательно, уравнение (8) примет следующий вид:

$$\tau_{xy}^{I} = \rho g y \cos\alpha \ , \tag{9}$$

где $\cos\alpha$ – это геометрический уклон и имеет обозначение i.

Подставив уравнение (9) в уравнение (4), получим следующие дифференциальное уравнение распределения скорости потока сточной жидкости:

$$-\mu^I \frac{dU_x^I}{dy} = \rho g y i, \tag{10}$$

где μ^I – динамическая вязкость потока сточной жидкости, Па*с.

Переписав его, получим:

$$\frac{dU_x^I}{dy} = -\left(\frac{\rho g i}{\mu^I}\right) \cdot y \, . \tag{11}$$

Интегрируя последнее уравнение, получим уравнение изменения скорости потока U_x^I по оси Y:

$$U_x^I = -\left(\frac{\rho g i}{2\mu^I}\right) \cdot y^2 + C_2^I \, , \tag{12}$$

где U_x^I – скорость потока сточной жидкости в направлении оси X.

Применив граничные условия можно получить окончательное уравнение распределения скорости потока сточной жидкости [10]:

При $y = h \, , U_x^I = 0$:

$$C_2^I = \left(\frac{\rho g i}{2\mu^I}\right) \cdot h^2 ; \tag{13}$$

$$U_x^I = -\left(\frac{\rho g i}{2\mu^I}\right) \cdot y^2 + \left(\frac{\rho g i}{2\mu^I}\right) \cdot h^2 \ ; \tag{14}$$

$$U_x^I = -\left(\frac{\rho g i}{2\mu^I}\right) \cdot h^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{y}{h}\right)^2\right). \tag{15}$$

По аналогии, запишем баланс количества движения для газообразной среды, движущейся только под действием увлекающей способностисточной жидкости. Теперь можно использовать одно из граничных условий, а именно то, в котором утверждается, что перенос количества движения происходит без скачка на поверхности раздела двух фаз, т. е.:

$$\tau_{xy}^{I} = \tau_{xy}^{II} \ ;$$

$$\tau_{xy}^{II} = \rho g i y \, , \tag{16}$$

где τ_{xy}^{I} –количество движения, передаваемое между слоями газообразной среды;

Учитывая некоторое допущение, используемая ранее формула (16) примет следующий вид:

$$\tau_{xy}^{II} = \rho g i y + C_2^I \, , \tag{17}$$

где $C_2^I = C_1^I$.

Для потока сточной жидкости значение C_1^I незначительно и может быть принято равным нулю, но применительно к потоку газообразной среды данное значение является основополагающим.

Начальное количество движения зависит от плотности потока газообразной среды и его количества (т. е. высоты потока).

В таком случае:

$$C_1^I = \rho g i b, \tag{18}$$

где b – высота подсводного пространства, заполненного газом.

$$b = D - h. \tag{19}$$

В таком случае уравнение (17) примет следующий вид:

$$\tau_{xy}^{II} = \rho g i y + \rho g i b = \rho g i \cdot (b + y). \tag{20}$$

Согласно принятой сетке координат, y имеет отрицательное значение, то формула (20) примет вид:

$$\tau_{xy}^{II} = \rho g i \cdot (b - y). \tag{21}$$

Подставив уравнение (21) в уравнение (4), получим следующие дифференциальное уравнение распределения скорости потока газообразной среды:

$$-\mu^{II} \frac{dU_x^{II}}{dy} = \rho g i \cdot (b - y), \tag{22}$$

где μ^{II} – динамическая вязкость потока газообразной среды, Па*с.

Переписав его, получим:

$$\frac{dU_x^{II}}{dy} = -\left(\frac{\rho g i \cdot (b - y)}{\mu^{II}} \right). \tag{23}$$

Интегрируя последнее уравнение, получим уравнение изменения скорости потока U_x^{II} по оси Y:

$$U_x^{II} = -\frac{\rho g i}{2\mu^{II}} \cdot y^2 - \frac{\rho g i}{\mu^{II}} \cdot y + C_2^{II}. \tag{24}$$

Для определения константы интегрирования воспользуемся следующим граничным условием (перенос количества движения происходит без скачка на границе раздела двух фаз):

При $y = 0, U_x^{II} = V_{\text{в.пов.}}$

Перепишем последнее уравнение:

$$U_x^{II} = -\frac{\rho g i}{2\mu^{II}} \cdot y^2 - \frac{\rho g i}{\mu^{II}} \cdot y + V_{\text{в.пов.}} \tag{25}$$

Для дальнейших рассуждений, полезным будет переписать формулу (25) иначе:

$$U_x^{II} = V_{\text{в.пов.}} - \frac{\rho g i}{2\mu^{II}} \cdot y^2 - \frac{\rho g i}{\mu^{II}} \cdot y. \tag{26}$$

Как видно из уравнения, эпюра распределения скорости должна иметь параболический вид, что можно видеть на эпюре распределения скоростей Васильева В. М. (рис. 4). Но учитывая, что 3-й знаменатель уравнения (26) ($-\frac{\rho g i}{\mu^{II}} \cdot y$) значительно быстрее увеличивается в значениях, нежели 2-й знаменатель (26) ($-\frac{\rho g i}{2\mu^{II}} \cdot y^2$), то можно с уверенностью утверждать, что гашение скорости газообразного потока будет идти за счет 3-го знаменателя. 2-й знаменательуравнения имеет место быть, но не оказывает основополагающего влияния, и эпюра распределении скоростей будет иметь линейное значение (рис. 5), что

подтверждается законом вязкости Ньютона. Вторым знаменателем в формуле (26) можно пренебречь.

Уравнение (26) примет следующий вид:

$$U_x^{II} = V_{\text{В.ПОВ.}} - \frac{\rho g i}{\mu^{II}} \cdot y, \tag{27}$$

где U_x^{II} – скорость газообразной среды в рассматриваемой точке, м/с; μ^{II} – коэффициент динамической вязкости газообразной среды, Па*с; y – расстояние от поверхности жидкости до рассматриваемой точки, м; i – геометрический уклон самотечного коллектора; $V_{\text{В.ПОВ.}}$ – скорость сточной жидкости на поверхности, м/с; ρ – плотность газообразной среды, кг/м^3; g – ускорение свободного падения м/с^2; b – высота потока газообразной среды, м

Уравнение (27) описывает распределение скорости течения газообразной среды по оси Y, движущейся по самотечному коллектору вдоль оси X под действием только увлекающей способности жидкости.

Тогда количество газообразной среды, увлекаемое потоком жидкости, будет равно:

$$Q_{\text{Г}} = \frac{V_{\text{В.ПОВ.}} \cdot d \cdot \mu^{II}}{2\rho g i b}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \tag{28}$$

где d – граница сопряжения сточной жидкости и газообразной среды.

При написании данной формулы было принято следующее допущение:

- скорость сточной жидкости на поверхности потока одинаковая по ширине коллектора.

Данная теоретическая формула учитывает все факторы, влияющие на количество увлекаемой газообразной среды потоком жидкости, такие как: степень заполнение коллектора, значение поверхностной скорости течения жидкости, площадь соприкосновения двух фаз, плотность и динамическую вязкость газообразной среды.

Проверка размерности:

$$Q_{\text{Г}} = \frac{1\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot 1\text{м} \cdot 1\text{Па} \cdot \text{с}}{1\text{Па}} = 1\frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \tag{29}$$

Последнее уравнение (28) позволяет определять количество газообразной среды, движущееся в подсводном пространстве канализационного коллектора под действием увлекающей способности сточной жидкости.

Сравнение результатов расчета количества газа, движущегося под действием увлекающей способности жидкости, рассчитанной по эмпирической зависимости Васильева В. М. (2) и формуле (28) представлено ниже:

	D=1500,мі=0,001			D=2000,мі=0,001			D=2500,мі=0,001		
h/D	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,8
V воды, м/с	0,73	1,19	1,35	0,88	1,43	1,63	1,03	1,66	1,89
По ф. Васильева (2), м^3/с	0,06	0,18	0,25	0,08	0,25	0,37	0,12	0,34	0,49
По ф. (24), м^3/с	0,05	0,15	0,16	0,09	0,29	0,31	0,15	0,50	0,52

Сравнение результатов показало хорошую сходимость в требуемом диапазоне диаметров канализационных коллекторов и их заполнений.

Литература

1. *Чугаев Р. Р.* Гидравлика / Р. Р. Чугаев. – Л.: Стройиздат, 2008. – 672 с.
2. *Клебанов Ф. С.* Воздух в шахте / Ф. С. Клебанов. – М., 1995. – 576 с.
3. *Казаков Б. П.* Особенности развития и пути совершенствования систем вентиляции калийных рудников / Б. П. Казаков // Материалы научной сессии Горного института УРОРАН. – Пермь: Уральское отделение Российской академии наук, 2004. – 218 с.
4. Вентиляция шахт рудников и подземных сооружений / Ю. В. Шувалов, С. Г. Гендлер, М. М. Сметанин и др. – Л.: Изд-во горного института им. Плеханова, 2007. – 324 с.
5. *Красюк А. М.* Тоннельная вентиляция метрополитенов / А. М. Красюк. – Л.: Наука, 2006. – 286 с.
6. *Фомичев В. И.* Вентиляция тоннелей и подземных сооружений / В. И. Фомичев. – Л.: Стройиздат, 1991. – 342 с.
7. *Васильев В. М.* Почему необходимо вентилировать канализационные коллектора / В. М. Васильев // Подземное пространство мира. – Вып. 5–6. – 1993. – С. 24–28.
8. *Васильев В. М.* Исследование методов вентиляции и ее необходимости при проектировании глубокозаложенных коллекторов: Отчет о НИР; № Гр. 378 1076 / ЛИСИ. – Л., 1979. – 34 с.
9. *Васильев В. М.* Повышение эффективности работы канализационных коллекторов и сооружений на них при совместном движении сточных вод и газов: дис. … д-ра техн. наук / В. М. Васильев. – СПб., 1996. – 387 с.
10. *Берд Р.* Явление переноса / пер. с англ.; Р. Берд, В. Стьюарт, Е. Лайтфут. – Л., 1974. – 690 с.

УДК 628.345.1

Евгений Николаевич Матюшенко, аспирант
(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))
Елизавета Сергеевна Белозёрова,
студент магистратуры
(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))
Татьяна Вячеславовна Нагорная,
студент магистратуры
(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))
Табриз Ильяз оглы Гейсаддинов,
студент магистратуры
(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин))
E-mail: ematyushenko1991@mail.ru, belozerova.liz@yandex.ru, Nagornaya_Tatyana@mail.ru, mr.geysaddinov@mail.ru

Evgeny Nikolaevich Matyushenko, post-graduate student
(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering)
Elizaveta Sergeevna Belozerova,
master's degree student
(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering)
Tatyana Vyacheslavovna Nagornaya,
master's degree student
(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering)
Tabriz Ilyaz ogli Geysaddinov,
master's degree student
(Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ematyushenko1991@mail.ru, belozerova.liz@yandex.ru, Nagornaya_Tatyana@mail.ru, mr.geysaddinov@mail.ru

ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

POSSIBLE MEANS OF ELIMINATING PHOSPHORUS FROM WASTE WATER

В водоем фосфор поступает как естественным, так и искусственным путем. К источникам естественного поступления фосфора относится смыв с прибрежных территорий веществ органического или минерального происхождения в период таяния снега или выпадения атмосферных осадков, а также отмирание флоры и фауны водоемов. Антропогенное загрязнение водоемов фосфором вызвано сбросом бытовых и производственных стоков, наличием рекреационных зон и смывом минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей. В настоящей работе рассматриваются вопросы антропогенного воздействия на водоем. На сегодня одной из актуальных проблем, существующих в области очистки сточных вод, считается недостаточная эффективность известных методов удаления фосфора. Из всех применяемых в настоящее время методов одним из наиболее эффективных считается реагентный, позволяющий добиться снижения фосфатов до концентраций, удовлетворяющих сбросу стоков в водоем (0,2 мг/л по Р). В работе приводится срав-

нительная характеристика известных и новых реагентов и сорбентов, применяемых для удаления фосфора, указываются их достоинства и недостатки. Приводятся результаты исследований осаждения фосфатов известью в сочетании с едким натром и солями магния.

Ключевые слова: фосфор, фосфаты, биогенные элементы, сточная жидкость, реагенты, очистные сооружения канализации.

Phosphorus enters the water basin both in natural and forced way. The natural sources of phosphorous entry include wash-off of organic and mineral substances from coastal territories during snow melting or atmospheric precipitation, as well as dying out of flora and fauna in water basins. Anthropogenic contamination of water basins with phosphorus is caused by discharge of household and industrial waste water, presence of recreation facilities and mineral fertilizers washed off agricultural fields. This study considers anthropogenic influence on the water basin. Nowadays, one of the current issues in waste water treatment is insufficient performance of the known phosphorous elimination techniques. One of the most effective methods among the currently applied ones is the reagent method. It allows reducing the concentration of phosphates to meet requirements for water basin sewage disposal (0.2 mg/l according to P). The study compares the known and new reagents and sorbents used to remove phosphorus and indicates their advantages and disadvantages. The results of studies of phosphate precipitation with lime in combination with caustic soda and magnesium salts are given.

Keywords: phosphorus, phosphates, biogenic elements, waste water, reagents, sewage treatment facilities.

1. Введение

Сброс недостаточно очищенных сточных вод в водоемы создает серьезную угрозу нормальному функционированию экосистем, в особенности при сбросе стоков с большим содержанием биогенных элементов, вызывающих эвтрофирование водоемов. Эвтрофикация характеризуется бурным ростом сине-зеленых водорослей, появление которых наблюдается только в теплый вегетационный период года. Водоемы Западной и Восточной Сибири, отличающиеся низкой температурой воды даже в летний период года, находятся в более выгодном положении, чем водоемы стран Европы, Америки, особенно Южной Америки. Основными источниками антропогенного загрязнения водоемов является сброс в них неочищенных или не достаточно очищенных бытовых или производственных стоков, наличие рекреационных зон, а также смыв минеральных удобрений с сельскохозяйственных полей [1; 2].

Фосфор является основным веществом, лимитирующим эвтрофирование водоема, в связи с этим в нашей стране установлены жесткие требования к качеству очищенной сточной жидкости, сбрасываемой в водоем. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) этого элемента при сбросе в рыбохозяйственный водоем не должна превышать 0,2 мг/л.

На сегодня в отечественной и зарубежной практике проектирования локальных и городских ОСК применяют физико-химические, биологические и комбинированные методы удаления фосфора. К физико-химическим относятся: адсорбционный, электрокоагуляционно-флотационный, биогальванический, очистка в магнитном поле и реагентный. Из всех перечисленных физико-химических методов наиболее доступным и легко осуществимым для очистки больших объемов сточной жидкости считается реагентный способ, предусматривающий использование химических реагентов, вводимых на различных стадиях очистки. Суть реагентного метода состоит во взаимодействии вводимого реагента (ОХА, $FeCl_3$, $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$ или извести) со свободными ион-фосфатами, присутствующими в сточной жидкости, с образованием трудно-растворимых солей ортофосфорной кислоты [3–14]. Ввод извести в количестве 150–400 мг/л позволяет добиться почти стопроцентного удаления фосфатов на любой стадии очистки, однако при этом образуются огромные объемы химического осадка, так как для достижения высокого эффекта значение pH необходимо повышать известью до 10,5–11 [14]. Применение солей железа или алюминия делает органический осадок непригодным для использования в качестве органоминерального удобрения из-за появления в нем ионов тяжелых металлов.

Биологический метод неэффективен и нестабилен, так как фосфор может снижаться только за счет его использования на синтез биомассы в сооружениях биологической очистки и зависит от концентрации поступающих органических загрязнений. Комбиниро-

ванные методы, сочетающие физико-химические и биологические способы, пока остаются чрезвычайно сложными и дорогостоящими в реализации.

2. Методика экспериментального исследования

Методы удаления фосфора из сточной жидкости являются не только сложными в реализации в сравнении с удалением азота, но и создают при эксплуатации массу нежелательных последствий, основным из которых является образование больших объемов органических осадков с наличием в них солей тяжелых металлов. В данной работе в качестве объекта исследования приняты химические реагенты, которые ранее не применялись для осаждения фосфатов (сульфат и хлорид магния) или применялись, однако в данной работе они изучены в новых комбинациях с другими химическими соединениями.

Как уже отмечалось, механизм удаления фосфатов состоит в химическом связывании ионов металлов со свободными ион-фосфатами и образованием труднорастворимых солей ортофосфорной кислоты. Эффект удаления тем выше, чем интенсивнее протекают процессы кристаллизации, а они в свою очередь зависят от концентрации реагирующих веществ, активной реакции среды (pH), температуры сточной жидкости и интенсивности ее перемешивания.

Исследования по изучению эффекта осаждения фосфатов при использовании разных реагентов проводились на искусственно приготовленной и натуральной сточной жидкости. Концентрация фосфатов в приготовленных растворах была близка к 10 мг/л по P (примерно такое содержание фосфора содержится в городских стоках). Искусственно-приготовленную сточную жидкость получали путем ввода в водопроводную воду небольшого количества фосфорной кислоты (H_3PO_4). Натуральная сточная жидкость представляла собой стоки после первичных отстойников ОСК городов Новосибирска и Искитима. Исследования проводились в химической лаборатории кафедры «Водоснабжение и водоотведение» НГАСУ (Сибстрин) и химико-бактериологической лаборатории ОСК г. Новосибирска.

В натуральной сточной жидкости определялись pH, температура, азот аммония, фосфаты, азот нитритов и нитратов, ХПК, железо, жесткость воды, а также наличие ионов кальция и магния. Определение концентрации фосфатов осуществлялось на спектрофотометре DR3900 и термореакторе HL200 с применением экспресс-тестов Lange (LCK349, LCK049 и LCK350). Значение активной реакции среды и температуры определялись портативным pH-метром «Нитрон».

3. Результаты и обсуждение

Самым эффективным и наиболее известным, а также экологически чистым реагентом для удаления фосфатов является известь (CaO). Этот элемент входит в состав минеральных удобрений (суперфосфата). При введении в сточную жидкость извести ион Ca^{2+} взаимодействует с ион-фосфатом, присутствующим в сточной жидкости, и образуется труднорастворимая соль $Ca_5OH(PO_4)_3$, которую можно использовать в качестве низкосортного минерального удобрения. Исследования показали, что добиться высокого эффекта связывания фосфатов можно и при более малых дозах вводимой извести (менее 100 мг/л). Главным условием достижения высокого эффекта удаления фосфатов является повышение pH до значений 10,5–11. С целью резкого снижения химического осадка повышение pH до 10,5–11 производилось раствором едкого натра. Причем доза вводимой извести зависит от концентрации фосфатов, ее должно быть достаточно для связывания ион-фосфатов и ионов Ca^{2+} в трудно растворимую соль ортофосфорной кислоты $Ca_5OH(PO_4)_3$. Кроме этой соли, при высоком значении pH в растворе натуральной сточной жидкости, содержащей азот аммония и ионы магния, образуется труднорастворимая двухосновная соль $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. Такая соль является побочным продуктом при производстве азотно-туковых удобрений и относиться к низкосортному минеральному удобрению из-за низкого содержания фосфатов. Это удобрение применяется для максимального наращивания зеленой массы. Основная составляющая хлорофилла любого растения пред-

ставлена щелочно-земельным металлом Mg^{2+}. Следует заметить, что и ионы Na^{+} относятся к макроэлементам, жизненно необходимым для развития растений и животных. Таким образом, известь в сочетание с едким натром не только резко сокращает объем химического осадка, но и обеспечивает высочайший эффект удаления фосфора (не менее 85% при дозах менее 100 мг/л).

К другим экологически чистым реагентам относятся сульфат $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и хлорид магния $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. При взаимодействии ионов Mg^{2+} с ион-фосфатами, присутствующими в сточной жидкости, также образуется труднорастворимая двухосновная соль $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. Эффективность изъятия ион-фосфатов из сточной жидкости при использовании этих реагентов достигается также при высоких значениях pH (10–11), причем эффект может достигать 95–99 %. Оптимальной дозой, обеспечивающей наибольший эффект, является соотношение $P:Mg^{2+} = 1:2$. С увеличением этого отношения в 2,5 и 5 раз, эффект снижается до 98,8 % и 97 %, соответственно.

Выводы

Проведенные лабораторные исследования реагентов (извести в сочетании с едким натром, а также хлорида и сульфата магния), позволяют сделать вывод о возможной замене известных реагентов (солей железа и алюминия) на современные экологически чистые, при использовании которых образуются органические осадки с кристаллами ортофосфорной кислоты, которые можно применять в качестве органо-минерального удобрения.

Литература

1. *Бойко Т. А.* Интенсификация процессов дефосфатизации сточных вод с использованием летучих жирных кислот: дис. … канд. техн. наук: 05.23.04 / Т. А. Бойко. – Новосибирск, 2006. – 169 с.
2. *Дедков Ю. М.* Методы доочистки сточных вод от фосфатов / Ю. М. Дедков, М. А. Коничев, С. Ю. Кельина // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 11. – С. 25–32.
3. Очистка производственных сточных вод завода по производству этилового спирта / Г. Т. Амбросова, А. А. Функ, Д. С. Хлебас, О. В. Ксенофонтова, Г. Шонхор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 2. – С. 37–45.
4. Сравнительная оценка применяемых методов удаления фосфора из сточной жидкости / Г. Т. Амбросова, А. А. Функ, С. Д. Иванова, Г. Шонхор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 2. – С. 25–36.
5. Водоотведение: учеб. пособие / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, Е. А. Пугачев, В. П. Саломеев – М.: АСВ, 2014. – 379 с.
6. *Серпокрылов Н.С.* Дефосфотизация биологически очищенных сточных вод / Н. С. Серпокрылов, Н. С. Вильсон, Л. Ю. Куделич // Известия вузов. Строительство. – 2001. – № 4. – С. 93–99.
7. *Яковлев С. В.* Водоотведение и очистка сточных вод / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
8. *Чернышев В. Н.* Очистка сточных вод от фосфора (в порядке обсуждения) / В. Н. Чернышев, В. Н. Куликов, А. А. Ракульцев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 1. – С. 18–20.
9. *Васильев Б. В.* Реагентное удаление фосфора из городских сточных вод / Б. В. Васильев, Б. Г. Мишуков, Е. А. Соловьева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 2. – С. 58–60.
10. *Иванченко А. В.* Разработка эффективной технологии очистки городских сточных вод с повышенным содержанием фосфатов до мировых стандартов / А. В. Иванченко // Экология ЦЧО РФ. – 2013. – № 1–2(30–31). – С. 132–133.
11. *Долина Л. Ф.* Очистка сточных вод от биогенных элементов: Монография / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск: Континент, 2011. – 198 с.
12. *Сапон Е.Г., Пунько О.А., Марцуль В.Н.* Очистка сточных вод от фосфатов // Хімія та сучасні технології: тези доповіді Міжнародної. наук.-техн. конф: І том. – Дніпропетровськ, 2013. – С. 154.
13. *Коваленко А. Н.* Усовершенствование методов удаления фосфора из бытовых сточных вод / А. Н. Коваленко, Т. А. Шевченко // Коммунальное хозяйство городов: науч.-тех. сб. – Харьков: Изд-во ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2010. – С. 187–191.
14. Канализация населенных мест и промпредприятий: Справочник проектировщика / под ред. В. Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 638 с.

УДК 628.33

Александр Викторович Михайлов, д-р техн. наук, профессор
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»)
Аркадий Николаевич Ким, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Олег Александрович Продоус, д-р техн. наук, профессор
(ООО «ОПСВ-Инжиниринг»)
E-mail: epc68@mail.ru, kimkan17@mail.ru, encospb@sp.ru

Aleksandr Viktorovich Mikhailov, Dr of Tech. Sci., Professor
(National Mineral Resources University)
Arkady Nikolaevich Kim, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Oleg Aleksandrovich Prodous, Dr of Tech. Sci., Professor
(OPSW-Engineering LLC)
E-mail: epc68@mail.ru, kimkan17@mail.ru, encospb@sp.ru

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

CHALLENGES OF PROTECTING WATER RESERVOIRS AGAINST POLLUTED OVERLAND RUNOFF FROM URBAN LAND

Одной из ключевых задач в реализации концепции устойчивого развития общества является замена традиционных технологий производства на безотходные, ресурсо- и энергосберегающие технологии. Рассмотрены эффективные направления надежной и экономичной пассивной механической технологии очистки поверхностного стока. Дешевые, легко монтируемые пассивные системы включают удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов при помощи интегрированного подхода к системе. Применение натуральной торфяной загрузки ЭФТ позволяет осуществить низкозатратную очистку поверхностного стока, существенно улучшить технико-экономические показатели процесса очистки, снизить уровень экологического риска.

Ключевые слова: поверхностный сток, очистные сооружения, механическая технология, наилучшие доступные технологии, торфяной фильтрующий материал, эффективность.

One of the main tasks in implementation of the concept of sustainable development of the society is the replacement of traditional manufacturing technologies by wasteless resource-saving and energy-saving technologies. Effective reliable and economical ways of passive mechanical overland runoff treatment are examined. Cheap and easy-to-install passive systems include removal of suspended substances and oil products by means of an integrated approach to the system. Natural peat media “Peat Filter Element” (PBFE) allows performing low-cost overland runoff treatment, considerably improving technical and economical indices of the treatment process and reducing the level of environmental risks.

Keywords: overland runoff, treatment facilities, mechanical treatment, best available technologies, peat filter media, efficiency.

Одной из ключевых задач в реализации концепции устойчивого развития общества является замена традиционных технологий производства на безотходные, ресурсо- и энергосберегающие технологии. Особенно важно реализовать такой подход в системе защиты окружающей среды урбанизированных территорий и в горнодобывающей отрасли [1].

Высокие требования к эффективности очистки поверхностного стока влекут за собой применение сложных, не всегда оправданных технологий, внедрение которых требует привлечения значительных капитальных вложений и эксплуатационных затрат. Для решения вопроса очистки поверхностного стока сегодня важно выбрать наиболее рациональную и экономически целесообразную технологию очистки.

Основные цели по внедрению методов управления очисткой поверхностного стока с урбанизированных территорий:

1. Обеспечение способа управление инфраструктурой поверхностного стока и водными ресурсами для максимальной эффективности затрат.

2. Использование системного подхода в сборе данных и анализе, чтобы позволить регуляторам, исследователям, менеджерам ресурсов и муниципалитетам отслеживать изменения по концентрации загрязнителей, тенденциях оценки качества воды, изменениях

в землепользовании и причинно-следственных связях между ними. Это позволяет внедрить стратегии гибкого управления очисткой поверхностного стока.

3. Отбор существующих и перспективных стратегий сокращения загрязнений, которые демонстрируют соответствие государственным требованиям.

Алгоритм общего управления поверхностным стоком:

- идентификация источников загрязнения, вносящих высокие загрузки загрязнителя в поверхностный сток;
- верификация территорий, где необходимы улучшения качества воды;
- выбор вариантов проектирования очистных сооружений на основе наилучших доступных технологий с максимальной эффективностью и минимальных затратах на строительство и эксплуатацию.

Разработки надежной и экономичной пассивной механической технологии позволили проектировать экономически эффективные системы, которые обеспечивают качество очистки поверхностных стоков с урбанизированных территорий. Дешевые, легко монтируемые пассивные системы включают удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов при помощи интегрированного подхода к системе.

К преимуществам пассивных механических систем очистки следует отнести:

- простоту в работе и обслуживании при стабильном процессе;
- отсутствие химических компонентов;
- отсутствие подвода энергии;
- природные процессы (осаждение и фильтрация);
- эффективное снижение загрязнений;
- низкие капитальные и эксплуатационные затраты.

Параметры дизайна современных локальных пассивных систем:

- операционная гибкость и контроль процесса;
- малая занимаемая площадь;
- отсутствие оператора и зданий;
- интеграция с другими технологиями.

Наилучшие доступные технологии (НДТ) – это свод наиболее приемлемых технологических решений, представляющий собой результат коллективного договора между властью, создающей условия для промышленного развития и осуществляющей экологический надзор, и бизнесом, для которого важно сохранить рентабельность и потенциал развития [2]. Указанные пассивные механические системы можно считать *Наилучшими доступными технологиями при реализации планов по очистке поверхностного стока* (табл. 1) [3].

Таблица 1

Наилучшие доступные технологии очистки поверхностного стока для различных условий сброса

Описание НДТ	**Соответствие основным критериям НДТ**		
	Эффективность решения	**Экономическая эффективность внедрения и эксплуатации**	**Применение ресурсо- и энергосберегающих методов**
Механическая очистка в отстойниках	Удаление грубых оседающих примесей	Значительные капитальные вложения. Невысокие эксплуатационные затраты	Не требует энергии и ресурсов
Механическая доочистка на кассетных фильтрах	Эффективное удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов	Не высокие капитальные вложения Средние затраты на эксплуатацию	Не требует энергии. Замена загрузки в кассетах
Механическая очистка, биологическая очистка на биоплато	Эффективное удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов в период устойчивых положительных температур	Значительные капитальные вложения Невысокие эксплуатационные затраты	Не требует энергии и ресурсов

Это относится к площадкам автостоянок, погрузочных терминалов, и проезжих частей, где накапливаются взвешенные вещества и нефтепродукты от автотранспорта. Предварительная очистка воды в пассивных системах от плавающего мусора (грязь, ветки, листья, пробки и пр.) помогает предотвратить засорение труб дождевой канализации. Установка и периодическое обслуживание пассивных систем для сбора нефтепродуктов, плавающего мусора и взвешенных веществ является простым шагом к достижению масштабного результата.

Очистные сооружения поверхностного стока (ОСПС) хорошо масштабируемы, что делает их идеальным выбором для распределенных моделей инфраструктуры города. В процесс очистки поверхностного стока включаются и собственники территорий, что повышает их ответственность за охрану окружающей среды, и снижает нагрузку на местные бюджеты.

Безусловным выходом из этой непростой ситуации является интенсивный переход на использование отечественных инновационных технологических решений и разработок, эффективных отечественных материалов, оборудования для очистки поверхностного стока.

При выборе фильтрующего материала для пассивных механических систем учитываются следующие показатели:

- невысокая стоимость, доступность сырья и наличие производственных мощностей;
- хорошие фильтрующие свойства материала;
- механическая прочность и химическая стойкость по отношению к фильтруемой воде;
- сохранение свойств в интервале температур от −5 до +80 °С;
- возможность переработки после использования в нужный народному хозяйству материал или применения его без переработки;
- отсутствие отрицательного воздействия при прямом или косвенном контакте на здоровье человека.

Фильтрующий материал получают не только на основе органических соединений, но и на основе минеральных сырья и синтезированных материалов (табл. 2). Основная проблема при использовании фильтрующего материала – утилизация использованного материала после применения. Более экологически оправданным является использование фильтрующего материала, изготовленного из природных материалов, так как их возможно компостировать до полного разложения нефтепродуктов либо сжигать до зольного остатка.

Таблица 2

Типы фильтрующих материалов

Натуральные	Искусственные
Песчано-гравийные	Ячеистые материалы
Сланец, известняк, дробленый уголь	Минеральная вата
Активные угли	Битое стекло
Торфяные	Резиновая крошка
Кокосовое волокно	Твердый пластик
Опилки	Геотекстиль
Птичье перо	Шлак

Фильтрующий материал на основе минеральных сырья и синтезированных материалов после использования обычно захоранивают на полигонах, и тогда происходит вторичное загрязнение территории, либо утилизируют сжиганием, при этом процесс идёт с выделением ядовитых веществ и с получением остатков, которые в свою очередь необходимо утилизировать.

Многолетний опыт, полученный при применении торфяного фильтрующего материала в очистных сооружениях, показал его высокую эффективность по задержанию загрязняющих веществ [4].

Фильтрующая способность торфяного фильтрующего материала:

- взвешенные вещества > 90 %;
- трехвалентное железо > 80 %;
- углеводороды > 90 %.

При этом, учитывая, что материал натуральный и доступен для применения в больших масштабах, широкой внедрение торфяных фильтрующих материалов является актуальным для решения вопросов очистки поверхностного стока с урбанизированных территорий.

Область применения торфяного фильтрующего материала в системах очистки поверхностного стока и ландшафтном дизайне:

- территории объектов атомных электростанций и населенных пунктов городов-спутников;
- морские и речные порты;
- транспортные магистрали и аэродромы;
- военные городки; реабилитация бывших береговых технических баз ВМФ;
- промышленные, строительные, торговые и спортивные площадки;
- городские и муниципальные территории;
- склады ГСМ и АЗС;
- шахтные и карьерные воды горной промышленности;
- рекультивация полигонов ТБО, хвостохранилищ, захоронений отходов.

Экономическая эффективность применения торфяных фильтрующих материалов определяется рядом факторов:

- торфяной фильтрующий материал применяется без предварительной подготовки, заменяет: активный уголь, стекловату, пенополиуретан, пенополистирол и др.;
- утилизация отработанного материала производится путем сжигания в котельных, работающих на твердом топливе;
- на рынке природоохранных технологий нет аналогов природному натуральному материалу;
- натуральный экологически чистый материал обладает практически неограниченным рынком сбыта – Россия, Европа, Северная Америка, Ближний Восток, Азия.

Свыше 600 очистных сооружений поверхностного стока с торфяной фильтрацией введены в эксплуатацию на магистралях и объектах Российской Федерации.

Таким образом, применение натуральной торфяной загрузки ЭФТ в механических очистных системах позволяет осуществить низкозатратную очистку поверхностного стока с использованием отечественного оборудования и материалов, существенно улучшить технико-экономические показатели процесса очистки, снизить уровень экологического риска.

Литература

1. *Михайлов А. В.* Поверхностный сток – проблемы и решения / А. В. Михайлов, А. Н. Ким, О. А. Продоус // Инновационные системы отведения и очистки поверхностных стоков с урбанизированных территорий: материалы международной научно-практической конференции. – Петрозаводск: Свое издательство, 2014. – С. 21–37.

2. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации № 1458 от 23 декабря 2014 г.– URL: http://government.ru/media/files/DUWFYJsENEA.pdf (дата обращения: 15.02.2016).

3. *Данилович Д. А.* Принципиальные положения концепции справочника по наилучшим доступным технологиям «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» / Д. А. Данилович, Н. С. Серпокрылов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. – 2015. – № 2(12). – С. 50–54.

4. Водоотведение и очистка поверхностного стока на торфяных фильтрах / А.В. Михайлов, А.Н. Ким, О.А. Продоус и др. – СПб.: Изд. ООО «Сборка», 2014. – 138 с.

УДК 628.21

Юрий Вячеславович Столбихин,
старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: Stolbikhin@bk.ru

Iurii Vyacheslavovich Stolbikhin,
Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: Stolbikhin@bk.ru

СУЩЕСТВУЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ КАМЕР ГАШЕНИЯ НАПОРА НА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЯХ И ИХ НЕДОСТАТКИ

EXISTING DESIGNS OF HEAD STILLING BASINS IN SEWAGE NETWORKS AND THEIR DISADVANTAGES

В статье представлен обзор существующих камер гашения напора, которые устраиваются на канализационных сетях. Приведены три наиболее часто используемых варианта конструкции. Описан негативный эффект, вызываемый работой этих конструкций, который они оказывают как на свое техническое состояние, так и на состояние коллектора, располагающегося за ними в технологической цепочке. Представлена эффективная конструкция камеры гашения напора, которая может быть внедрена на сетях канализации вместо используемых в настоящее время. Данная конструкция позволяет создать условия, при которых сточная вода становится безвредной по отношению к коллектору в коррозионном отношении.

Ключевые слова: камера гашения напора, канализационная сеть, микробиологическая коррозия, канализационный коллектор, сточная жидкость, водобойный колодец.

The article reviews the existing head stilling basins installed in sewage networks. Three most frequent designs are described in the article. A negative effect of operation of these basins that they have both on their technical condition and the condition of the sewer located next to them in the process flow is described. An effective design of the head stilling basin that may be introduced in sewage networks instead of the ones currently in use is given. This design allows creating conditions under which waste water becomes harmless for the sewer with regard to corrosion.

Keywords: head stilling basin, sewage network, microbiological corrosion, sewer pipe, sewage liquid, water cushion.

На канализационных сетях часто встречаются камеры гашения напора (КГН), принимающие воды от напорных водоводов насосных станций и направляющие их в коллектор. В технической литературе камеры гашения напора практически не описаны, за исключением технического решения, представленного в [1] (см. рис. 1 А).

Сточная жидкость по напорному трубопроводу (1) подается в резервуар-гаситель (2) таким образом, что энергия потока гасится за счет порога (3), размещенного на пути следования жидкости. Отвод стоков осуществляется по самотечному трубопроводу (4), расположенному на вышележащей по сравнению с подводящим трубопроводом отметке. В альбоме [1] строительные конструкции водобойного колодца предусмотрены из железобетона. При этом в альбоме [1] представлены решения как для одного, так и двух напорных трубопроводов диаметрами 100, 150 и 200 мм. Диаметры отводящих трубопроводов – 200, 250 и 300 мм.

Похожее инженерное решение предлагается фирмой «Jung Pumpen» [2], при этом колодец выполнен из полиэтилена; диаметр подводящего напорного трубопровода – 100 мм, отводящего трубопровода – 150 мм.

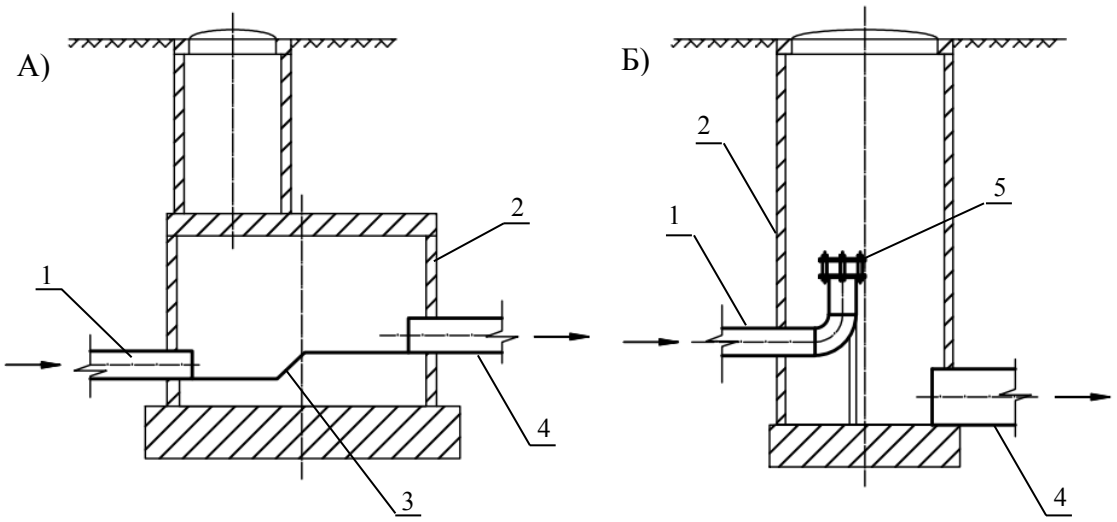


Рис. 1. Существующие конструктивные решения камер гашения напора на канализационных сетях:
1 – подводящий трубопровод, 2 – резервуар-гаситель, 3 – порог,
4 – отводящий трубопровод, 5 –гаситель напора

Таким образом, диапазон возможного применения подобных конструкций весьма ограничен и подходит лишь для небольших районов канализования.

Широко при проектировании и строительстве используется конструкция камеры гашения напора, представленная на рис. 1 Б. Основным элементом, осуществляющим гашение напора подводимого к камере потока сточной жидкости, является гаситель напора (5), представляющий собой фланец, который приваривается к торцу подводящего напорного трубопровода (1), соединенный с фланцевой заглушкой при помощи шпилек или болтов таким образом, чтобы между фланцем и заглушкой был зазор, достаточный для пропуска требуемых расходов воды. После попадания в гаситель (5), сточная жидкость свободно истекает в резервуар-гаситель (2) и отводится по трубопроводу (4) самотеком.

Наиболее часто на практике встречаются конструктивные решения, выполненные в виде подачи сточной жидкости сверху (см. рис. 2). Подобные решения приводятся в электронных ресурсах [3; 4].

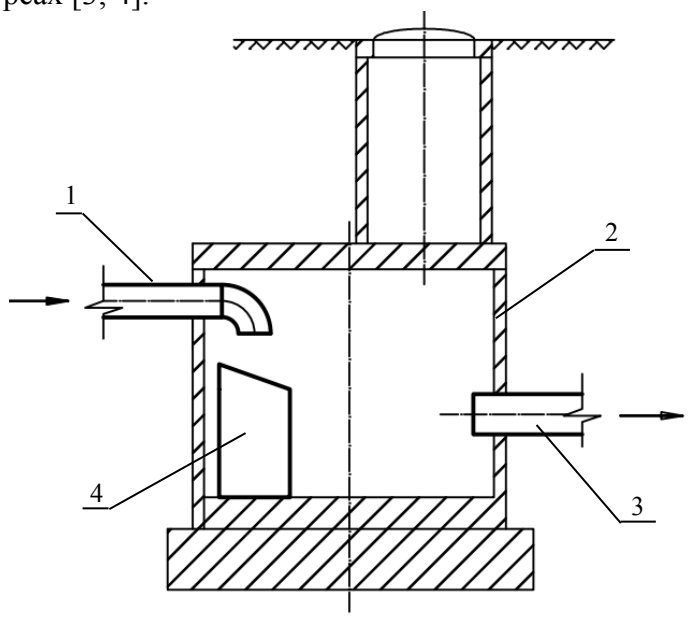


Рис. 2. Существующее конструктивное решение камеры
гашения напора на канализационной сети:
1 – подводящий трубопровод, 2 – резервуар-гаситель,
3 – отводящий трубопровод, 4 –гаситель напора (стакан)

Сточная жидкость по подводящему трубопроводу (1) свободно изливается в резервуар-гаситель (2), а затем отводится по отводящему трубопроводу (3). При этом резервуар-гаситель (2) может быть оборудован металлическим или пластиковым стаканом (4).

Представленные выше конструктивные решения имеют ряд недостатков. Конструкции, описанные в альбоме [1] или [2], имеют ограниченную область применения. В тоже время, по остальным конструкциям отсутствуют рекомендации по габаритным размерам элементов сооружения и их взаимному размещению. Особую важность играет и то обстоятельство, что во всех представленных вариантах изначально не предусматривается никаких мер, направленных на борьбу с микробиологической коррозией. В представленных решениях, с одной стороны, провоцируется значительная дегазация потока при поступлении в резервуар-гаситель, с другой стороны, не предлагается компенсационных мероприятий. В результате камеры гашения напора и самотечные коллектора, отводящие от них стоки, подвержены разрушениям. Так, в работе [5] приведены сведения о рекордно быстром разрушении коллектора (за 4 года) в Донецке, который как раз принимал сточные воды от камеры гашения напора, к которой стоки подводились по напорному водоводу длиной 11 км. Камера гашения напора на ул. Московской (г. Новосибирск) была выведена на реконструкцию спустя всего 8 лет с момента запуска в эксплуатацию [6].

В статье [7] приводятся результаты замера концентраций газов на коллекторе в г. Егорьевске. Наивысшее значение концентрации было зафиксировано именно в камере гашения напора от насосной станции – до 300 мг/м^3.

Схема разрушения камеры гашения напора и коллектора после нее представлена на рис. 3.

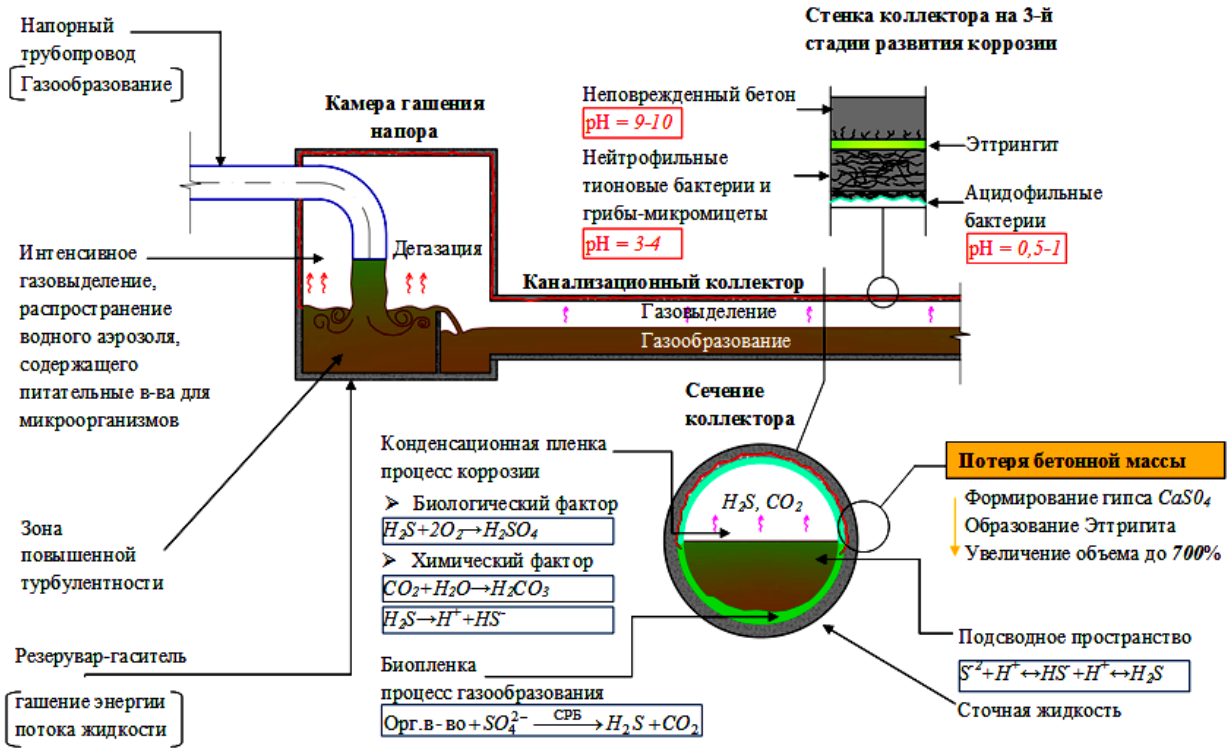


Рис. 3. Совместное разрушение камеры гашения напора и коллектора после нее

В связи с вышесказанным, научный и практический интерес представляет разработка такой конструкции камеры гашения напора, которая позволяет снизить негативный эффект от коррозии. Это возможно при организации естественного эжектирования воздуха в подводящий трубопровод камеры гашения напора и насыщения сточной жидкости до концентрации растворенного кислорода свыше 1 мг/л, что позволяет остановить выделе-

ние сульфидов из сточной жидкости, и, как следствие, свести коррозионные процессы к минимуму [8]. Эффективная конструкция камеры гашения напора представлена на рис. 4 [9].

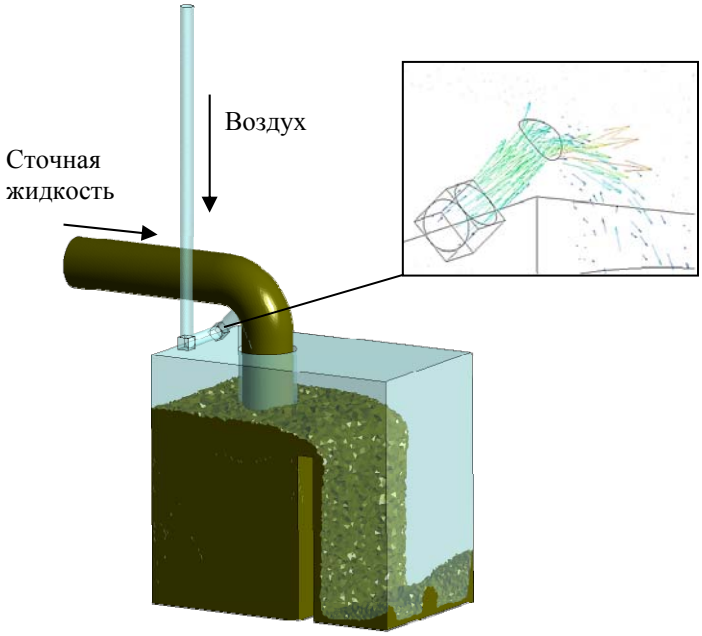


Рис. 4. Эффективная конструкция камеры гашения напора

В данном случае в резервуар-гаситель камеры гашения напора вода подается по подводящему трубопроводу, направленному вниз. При этом на отводе формируется зона отрыва струи – область пониженного давления. К этой области может быть подведен трубопровод-эжектор, сообщающийся с атмосферой. Воздух поступает в подводящий трубопровод за счет разности давлений. При этом чем больше величина вакуума в зоне отрыва струи, тем больший объем воздуха за единицу времени при прочих равных условиях направляется в подводящий трубопровод. Далее происходит массообменный процесс насыщения сточной жидкости кислородом воздуха. Абсорбером в данном случае выступает резервуар-гаситель камеры гашения напора. После барботирования в резервуаре-гасителе происходит истечение уже аэрированной сточной жидкости в лоток-гаситель с концентрацией кислорода более > 1 мг/л [10].

Литература

1. Колодец водобойный канализационный [Электронный ресурс]: чертежи для повторного применения / Мосгорисполком, Ордена Трудового Красного Знамени Главное архитектурно-планировочное управление г. Москвы; Ордена Трудового Красного Знамени Управление по проектированию жилищно-гражданского и коммунального строительства «Моспроект-1». – М., 1980. – URL: http://meganorm.ru/Data2/1/4293783/4293783175.pdf (дата обращения: 26.04.2015).

2. Колодец гаситель напора – PKS – D 1000 – DLE [Электронный ресурс] // Армацентр : [сайт]. – URL: http://www.armacentre.ru/jung-pumpen/kanalizatsionnye-nasosy-i-nasosnye-stantsii-dlya-ustanovki-vne-zdanij/nasosnaya-stantsiya-pks-d-1000-dlyanasosov-multistream-i-multifree-55-detail.html (дата обращения: 31.10.2014).

3. Насосная станция перекачки [Электронный ресурс] // Новостройка.Ру: Недвижимость. Строительство. Обустройство: [сайт]. – URL: http://novostrojka.ru/content/view/3218/33/ (дата обращения: 22.01.2015).

4. Insenerisusteemid. Kanalisatsioon [Электронный ресурс] / Irmari OÜ // Irmari. Insenerisusteemid [сайт]. – URL: http://www.irmari.ee/article/read/ sewerage.html (дата обращения: 22.01.2015).

5. *Дрозд Г. Я.* Коррозионное разрушение, прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды и обеспечение надежности канализационных коллекторов на стадии проектирования / Г. Я. Дрозд // Вода и экология: проблемы и решения. – 2013. – № 1. – С. 40-58.

6. Запущена восстановленная камера гашения напора на улице Московской [Электронный ресурс] / РусБизнесГруп. – URL: http://www.rostreid.ru/zapushchena-vosstanovlennaya-kamera-gasheniya-napora-na-ulitse-moskovskoi (дата обращения: 16.05.2014).

7. *Горелик, И. Н.* Газовая коррозия канализационного коллектора г. Егорьевска / И. Н. Горелик, Э. А. Ситницкая, В. А. Штейнберг // Водоснабжение и санитарная техника. – 1984. – № 12. – С. 3–4.

8. *Столбихин Ю. В.* Теоретические основы процессов разрушения железобетонных канализационных коллекторов и сооружений на них / Ю. В. Столбихин // Тезисы докладов 3-й конференции «Ремонт и восстановление бетонных конструкций на сооружениях сточных вод». – Сочи, 2014. – С. 20–21.

9. *Столбихин Ю. В.* Исследование процесса эжекции воздуха в камере гашения напора / Ю. В. Столбихин // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 3(50). – С. 202–210.

10. *Столбихин Ю. В.* Моделирование эффективных конструкций камер гашения напора / Ю. В. Столбихин // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6(53). – С. 171–179.

СЕКЦИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА, ГЕОДЕЗИИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРОВ

УДК 528.067

Алексей Васильевич Волков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Михаил Михайлович Орехов, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: ahtelin@mail.ru, m_orekhov@bk.ru

Aleksei Vasilievich Volkov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Mihail Mihailovich Orehov, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ahtelin@mail.ru, m_orekhov@bk.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭФФЕКТИВНОЙ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ»

APPLICATION OF NATIONAL GEOINFORMATIONAL TECHNOLOGIES FOR EFFECTIVE TRAINING OF BACHELORS AND MASTERS IN “LAND BOUNDARY SURVEYING AND CADASTER” TRAINING PROGRAM

В статье рассматриваются технологии, представленные в программном обеспечении КБ «Панорама». Эти технологии позволяют успешно реализовывать требования Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» и использовать общую методологическую базу. Они создают условия максимального приближения результатов обучения к тем требованиям, которые будут предъявляться к выпускникам в процессе их будущей профессиональной деятельности. Доступность в овладении навыками работы и профессиональная логичность подачи материалов обеспечивает возможность производить с помощью программных продуктов сложные и серьезные исследования на всех уровнях обучения, начиная от бакалавров.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, учебный процесс, подготовка бакалавров, направление «Землеустройство и кадастры», КБ «Панорама», обучение.

The article reviews technologies represented in the software developed by *Panorama* Design and Engineering Bureau. These technologies allow meeting the requirements of the Federal State Educational Standard for Higher Education for 21.03.02 “Land Boundary Surveying and Cadaster” training program and allow using a general methodological framework. They create conditions for maximum approximation of training results to the requirements that will be imposed on students in their future professional activity. Accessible acquiring of working skills and professional logics of material presentation make it possible to conduct complex and serious studies using software products at all educational levels starting from the bachelor level.

Keywords: geoinformational technologies, educational process, training bachelors, “Land Boundary Surveying and Cadaster” training program, *Panorama* Design and Engineering Bureau, training.

Подготовка бакалавров по направлению «Землеустройство и кадастры» в СПбГАСУ выполняется в течение последних пяти лет. За это время несколько раз существенно менялось законодательство в сфере кадастрового учета и государственной регистрации объектов недвижимости, менялись и технические требования к осуществлению кадастровой деятельности. Такое положение в стране требует регулярной актуализации учебного процесса. Это накладывает особую ответственность, прежде всего, на профессорско-преподавательский состав вуза, участвующий в реализации основных программ бакалавриата по направлению подготовки Землеустройства и кадастра. Преподаватели кафедры городского хозяйства, геодезии, землеустройства и кадастров сталкиваются с необходимостью своевременно и на высоком методическом уровне обучать студентов навыкам решения профессиональных задач в соответствии с видами будущей профессиональной деятельности.

При обучении студентов используют такие специализированные программные продукты как AutoCAD, ArcGIS, MapInfo, CREDO, Topocad и ряд других, которые произведены в США, Швейцарии, Белоруссии и др. В дополнение к ним авторы предлагают внедрить в учебный процесс комплекс программных средств передовых российских разработок в области геоинформационных технологий, созданный московским конструкторским бюро «Панорама» (КБ «Панорама»).

Использование программных продуктов КБ «Панорама» позволяет связать в единую методологическую базу большинство дисциплин профессионального цикла и, как результат, повысить эффективность формирования у выпускников общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

КБ «Панорама» реализует геоинформационные технологии в различных сферах деятельности для направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», к ним относятся: геодезия, кадастр, землеустройство, создание и обновление цифровых топографических карт и планов, создание ортофотопланов по данным аэрофотосъемки и беспилотных летательных аппаратов, трехмерное моделирование, обработка данных мониторинга состояния окружающей среды, построение инфраструктуры пространственных данных и др.

Программные средства, входящие в состав блока геодезических расчетов, позволяют решить большинство задач возникающих в топографо-геодезических работах. К ним относятся импорт данных из большинства форматов данных электронных приборов, чтение данных из файлов в формате протокола обмена NMEA и данных напрямую с приемника GPS/ГЛОНАСС, подключенного к порту компьютера. При необходимости пользователь может самостоятельно установить различные параметры, связанные с форматами читаемых данных, представлением углов и мер линий, порядком измерений горизонтальных и вертикальных углов и др. В процессе чтения данных определяется конфигурация измерений: количество теодолитных ходов, тип каждого теодолитного хода, количество станций и измеренных на каждой из них пикетных точек. Существует возможность обрабатывать различные типы теодолитных ходов: разомкнутый (классический), замкнутый, свободный (висячий), с координатной привязкой. При камеральной обработке инженерно-геодезической информации выполняется: обработка полевых «сырых» измерений; расчет и уравнивание теодолитных ходов различной конфигурации; обработка результатов тахеометрической съемки местности и результатов нивелирования; решение задач геодезической привязки; вычисление площади замкнутого полигона по координатам его граничных точек; нанесение результатов расчета и уравнивания на карту; формирование и печать ведомостей решения геодезических задач. При мониторинге сооружений линейного типа (дорог, трубопроводов, линий электропередач и т. д.) выполняется обработка тахеометрической съемки и данных продольного и поперечного нивелирования, построение профилей местности (продольный и поперечный профиль трассы).

В блоке землеустройства и кадастров реализуется подготовка межевых, технических планов и землеустроительных дел объектов землеустройства. Технология формирования этих документов представляет собой автоматизированный процесс подготовки материалов и данных для постановки объектов недвижимости на кадастровый учет [1; 2].

Программное обеспечение, разработанное в КБ «Панорама», полностью интегрировано с программным обеспечением отечественной разработки PHOTOMOD, которое предназначено для фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования Земли, что позволяет обрабатывать различные дистанционные данные, в том числе беспилотные летательные аппараты, с получением выходных продуктов картографического качества крупных масштабов. При обработке материалов учтены основные проблемы, возникающие при съемке, связанные с низким качеством изображений, отсутствием наземных опорных точек, использованием бытовых некалиброванных фотокамер, частой нестабильностью полета.

Реализация создания трехмерной модели местности, построенной с учетом рельефа местности, не требует длительной подготовки, достаточно иметь двухмерную карту и матрицу высот. По этим данным строится трехмерная модель рельефа выбранного участка местности. Для построения объемной модели с учетом объектов, расположенных на данной карте, необходима библиотека трехмерных изображений объектов, добавляемая в классификатор любой карты. Вместе с классификаторами электронных векторных карт поставляются библиотеки трехмерных изображений для различных масштабов. Для получения объемного вида имеющихся электронных карт достаточно подключить одну или несколько библиотек к классификатору и назначить для выбранных объектов подходящее изображение. При необходимости более детального и индивидуального отображения объектов, можно создавать свои объемные изображения с помощью Редактора условных знаков. На трехмерную модель местности может быть наложено изображение векторной, растровой или матричной карты и расположенные на ней трехмерные объекты, соответствующие объектам двухмерной карты. На трехмерной модели отображаются как наземные, так и подземные объекты.

Ключевым фактором в использовании программных продуктов КБ «Панорама» является возможность построения инфраструктуры пространственных данных (ИПД). ИПД является системой базовых пространственных данных, метаданных, стандартов и регламентов, информационных узлов, геосервисов для доступа и обмена географическими информационными ресурсами. При этом технология построения ИПД соответствует международным стандартам ISO 19100, нормативным документам европейской инициативы INSPIRE, ГОСТам Российской Федерации [3].

Таким образом, представленные в программном обеспечении КБ «Панорама» технологии позволяют реализовать требования Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры». Использование методологической базы, построенной на программных продуктах КБ «Панорама», для обучения дисциплинам профессионального цикла бакалавров по направлению подготовки «Землеустройство и кадастры» создают условия максимального приближения результатов обучения к тем требованиям, которые будут предъявляться к выпускникам в процессе их будущей профессиональной деятельности. Доступность в овладении навыками работы и профессиональная логичность подачи материалов обеспечивают возможность производить с помощью программных продуктов сложные и серьезные исследования на всех уровнях обучения, начиная от бакалавров.

Литература

1. *Демиденко Р. А.* Подготовка документов для электронной постановки земельных участков на кадастровый учет / Р. А. Демиденко // Геопрофи. – 2011. – № 3. – С. 51–53.

2. О государственном кадастре недвижимости: федеральный закон № 221-ФЗ от 24.07.2007. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

3. ГОСТ Р 50828–95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования / Госстандарт России. – М.: Издательство стандартов, 1995. – 20 с.

УДК 528.482

Алексей Васильевич Волков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Михаил Михайлович Орехов канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: ahtelin@mail.ru, m_orekhov@bk.ru

Aleksei Vasilievich Volkov, PhD of Ec. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Mihail Mihailovich Orehov, PhD of Ec. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ahtelin@mail.ru, m_orekhov@bk.ru

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНОВ И ОСАДОК ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

METHODOLOGY FOR DETERMINING BUILDING TILTS AND SETTLEMENTS IN THE HISTORICAL CENTER OF SAINT PETERSBURG USING AUTOMATIC SURVEYING PACKAGES

В статье приведены результаты проверки методики определения кренов и осадок зданий исторического центра Санкт-Петербурга с использованием автоматизированных комплексов. Сравнивались результаты геодезических наблюдений за фасадами зданий, выполненных традиционными методами с использованием электронного тахеометра и методами лазерного сканирования. Полученные данные свидетельствуют о том, что расхождения значений координат точек, полученных традиционным методом и с применением технологии лазерного сканирования, не превышают 2-3 мм в плане и 6 мм по высоте. При выполнении исследовательских работ использовалась плановая и высотная геодезическая сеть вблизи территории, ограниченной Лиговским проспектом, набережной Обводного канала, Воронежской улицей, улицами Константина Заслонова и Разъезжей.

Ключевые слова: мониторинг, деформации зданий, крены и осадки зданий, наземное лазерное сканирование, инженерные изыскания, автоматизированные геодезические комплексы.

The article reports the results of reviewing methodology for determining building tilts and settlements of the historical center of Saint Petersburg using automatic packages. The results of geodesic monitoring of building facades, performed by traditional methods using electronic tachometer and laser scanning have been compared. The received data show that discrepancy between the point coordinates received with the traditional method and with the laser scanning method are not more than 2 to 3 mm in plan view and 6 mm by height. When conducting the research, the horizontal and vertical survey network close to the territory limited by Ligovsky Avenue, Obvodny Channel Embankment, Voronezhskaya Street, Konstantin Zaslonov and Street Razezzhaya Street was used.

Keywords: monitoring, deformation of buildings, building tilts and settlements, surface laser scanning, engineering surveys, automatic surveying packages.

Любые здания и сооружения, под влиянием техногенных и природных факторов, могут деформироваться по различным законам. Изменения в пространственном положении зданий и сооружений и называются деформациями. Перемещение этих объектов или их частей вниз называют осадкой, а вверх – подъемом или выпиранием, в сторону – горизонтальным смещением или сдвигом.

Осадка зданий и сооружений бывает равномерная, которая со временем затухает и прекращается. Неравномерная осадка вызывает крены, прогибы, перекосы, кручения, разрывы объекта. Смещение (сдвиг) зданий и сооружений в горизонтальной плоскости, как правило, возникает от бокового давления. Высокие сооружения могут испытывать крен, изгиб, кручение под действием осадки, одностороннего солнечного нагрева, ветро-

вой нагрузки. Главная задача геодезических наблюдений заключается в получении числовых данных, которые характеризуют величины деформаций. Эти данные необходимы для предотвращения возможных разрушений. Существуют систематические, срочные и специальные наблюдения. Систематические наблюдения проводят по заранее выработанному плану. При резком изменении обычного развития динамики деформации выполняют срочные наблюдения. Специальные наблюдения применяются для выявления причин возникновения деформаций.

Мониторинг – это систематическое или периодическое наблюдение за деформационно-напряженным состоянием конструкций зданий и сооружений, за состоянием грунтов, оснований и подземных вод для обеспечения безопасного функционирования за счёт своевременного обнаружения таких нарушений. При этом, основным критерием оценки состояния является геометрия контрольных точек и поверхностей конструкций здания. Таким образом, система мониторинга ориентирована на приоритет геодезических измерений, осуществляемых в заданном временном режиме.

Методы измерений вертикальных и горизонтальных перемещений и сдвигов фундамента следует устанавливать программой наблюдений за деформациями в зависимости от требуемой точности измерения, конструктивных особенностей фундамента, инженерно-геологической и гидрогеологической характеристик грунтов основания, возможности применения и экономической целесообразности метода в данных условиях [1].

Обобщенная технологическая схема предложенной методики показана на рис. 1. Эта технологическая схема содержит рациональные решения по организации и производству определения кренов и осадок зданий, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга с использованием автоматизированных геодезических комплексов, обеспечивающие выполнение работ с требуемыми точностными параметрами, требования безопасности и охраны труда при проведении работ.

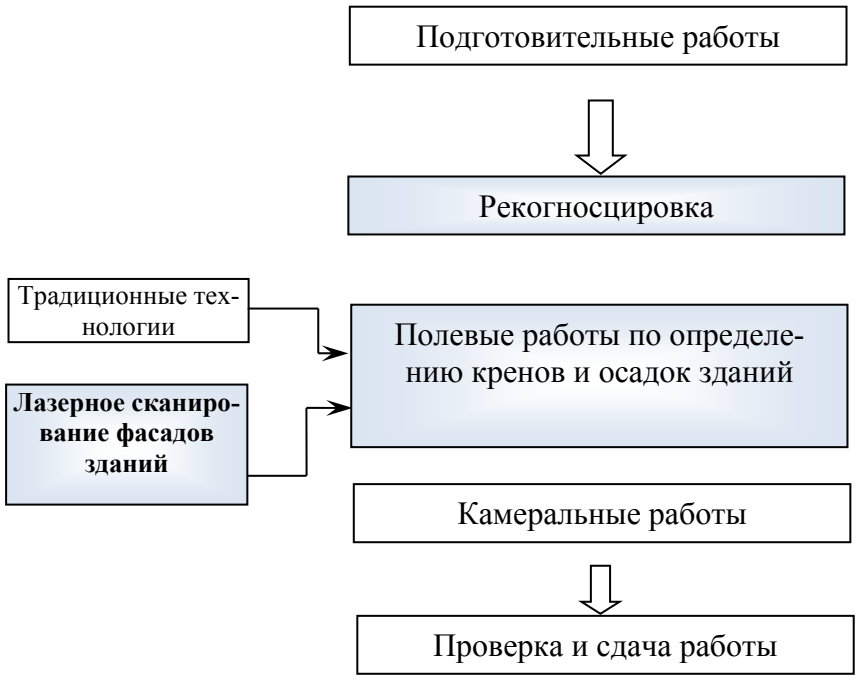


Рис. 1. Обобщенная технологическая схема методики определения кренов и осадок зданий, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга с использованием автоматизированных геодезических комплексов

При выполнении работ по предложенной методике на первом этапе, проводятся подготовительные работы, в которых изучаются имеющейся исходные материалы на район работ.

Рекогносцировка района работ проводится с целью определения на месте готовности объектов к проведению полевых геодезических работ. По результатам выполнения рекогносцировки формируется задание на выполнение полевых геодезических работ. При выборе количества и расположения контрольных точек руководствуются необходимостью выявить геодезическими наблюдениями характерные повреждения и деформации здания и его элементов (прогибы, выгибы, крены, перекосы, разломы), свидетельствующие, в том числе, об ослаблении грунтов основания.

При эксплуатации зданий влияние источников деформаций различно для каждой части здания и соответственно, выполнение наблюдения за деформациями необходимо осуществлять для каждой составной части задания: основание – фундамент – наземная часть.

Для оснований и фундаментов, как правило, определяют абсолютную осадку S_i (величина осадки, полученная относительно исходной опорной геодезической основы) и крен фундамента i (отношение разности осадок крайних точек фундамента к его линейному размеру). Для наземной части здания определяют отклонение стен зданий от вертикали [2].

Накопленная неравномерность осадок здания выявляется путем геодезических измерений контрольных точек по маркирующим элементам, в качестве которых принимались линии верха цоколей, которые при строительстве объекта выполнялись на одном уровне. Целью измерений являлась оценка накопленной неравномерности деформаций и сравнение с допустимыми значениями. На основании результатов проведения нивелирования строятся эпюры отклонений от горизонтали.

Отклонения стен здания от вертикали выявлялись путем геодезических измерений по условным вертикалям. На их основе производилась оценка накопленных кренов здания и сравнение с допустимыми значениями.

При выполнении больших объемов измерений, связанных с мониторингом технического состояния зданий в жилой застройке города Санкт-Петербурга целесообразно использовать автоматизированные геодезические комплексы, которые позволяют увеличить производительность работ и, соответственно, сократить время их выполнения. К современным автоматизированным геодезическим комплексам, прежде всего, относятся наземные сканирующие устройства, которые предусматривают создание высокодетальных трехмерных моделей зданий и сооружений.

Сканер позволяет пользователям получать не только высокоточные геометрические данные об объекте, но и производить фотографирование объекта без каких-либо дополнительных фотографических аксессуаров. Время работы на одной точке стояния сканера составляет менее 10 минут (при выборе средней плотности сканирования и высоком качестве получаемых результатов). В это время входит около трех с половиной минут на выполнение сканирования и столько же на получение панорамного фотоизображения.

Технологическая схема производства работ по наземному лазерному сканированию включает в себя предварительные, полевые (включая рекогносцировку) и камеральные работы.

При составлении технического проекта на наземное лазерное сканирование регламентируется требуемая точность построения трехмерной модели объекта, содержание, детализация, необходимое оборудование и стоимость проведения работ.

Во время рекогносцировки в зависимости от условий местности, выбирается рациональный способ создания и сгущения съемочного обоснования. Намечаются точки стояния сканера, места размещения специальных марок, уточняются сроки проведения работ и т. п. Количество и расположение точек стояния проектируется, исходя из многих факторов и, прежде всего, необходимостью выполнить требования к точности получения облаков точек, производительности и экономичности работ. Выбор наиболее оптимальной точки стояния сканера заключается в том, чтобы с каждой точки хорошо просматривался

объект и чтобы этих точек было как можно меньше. Расстояние до объекта обычно не должно превышать 300 метров. Исходя из практического опыта, оптимальное расстояние лучше всего выбирать в пределах от 50 до 150 метров. При завершении рекогносцировки составляются абрисы на снимаемую территорию.

В настоящее время технология связки отдельных сканов между собой позволяет закреплять на местности минимальное количество специальных марок. Перевод облака точек в местную систему координат выполняется с использованием марок, местоположение которых должно быть определено в местной системе координат. Для перевода всего проекта из условной системы, в которой сканы увязывались между собой, в местную, необходимо наличие, как минимум, 4 марок, снятых с нескольких точек стояния сканера, однако чем большее количество марок отсканировано, тем выше будет точность привязки.

Построение трехмерных векторных моделей объектов осуществляется в специализированном программном обеспечении путем создания геометрических примитивов или последовательной отрисовкой всех элементов и создания общего сложного 3D объекта.

Для наглядного отображения результатов мониторинга полученные данные в виде эпюров наносят на ортофотоплан, который показан на рис. 2.

Рис. 2. Ортофотоплан с нанесенной схемой накопленных осадок, выполненной по всей поверхности фасада методом лазерного сканирования

Этот метод определения кренов и осадок является одним из самых надежных и точных методов мониторинга. Результаты выполненного сравнительного анализа полученных значений кренов и осадок зданий традиционными методами с использованием электронного тахеометра и методами лазерного сканирования, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что расхождения значений координат точек, полученных традиционным методом и с применением технологии лазерного сканирования, не превышают 2–3 мм в плане и 6 мм по высоте.

Таблица

Результаты значений полевых данных кренов и осадок зданий

Точки стояния лазерного сканера и тахеометра	Данные тахеометрической съемки, м	Данные лазерного сканирования, м	Взаимная невязка
R (x, y, h)	7,619	7,619	0,000
	0,008	0,008	0,000
	0,000	0,003	-0,003
t1(x, y, h)	0,000	0,002	-0,002
	0,000	-0,001	0,001
	1,716	1,717	0,000
t3(x, y, h)	25,064	25,064	0,000
	0,000	-0,001	0,001
	1,641	1,642	0,000
t4(x, y, h)	7,111	7,111	0,000
	18,655	18,657	-0,002
	0,973	0,967	0,006
t5(x, y, h)	7,768	7,766	0,002
	12,282	12,284	-0,002
	1,355	1,359	-0,004
t6(x, y, h)	11,033	11,032	0,001
	18,435	18,435	0,000
	1,438	1,438	0,000
t7(x, y, h)	2,889	2,890	-0,001
	49,100	49,098	0,002
	1,481	1,482	-0,001

Таким образом, предложенная методика выполнения инженерно-геодезических работ при выполнении мониторинга зданий, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга, с использованием автоматизированных геодезических комплексов обеспечивает требуемый уровень точности как с применением традиционных геодезических технологий, так и с применением высокотехнологичных методов наземного лазерного сканирования.

При выполнении поверки методики определения кренов и осадок зданий, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга, с использованием автоматизированных геодезических комплексов использовалась плановая и высотная геодезическая сеть вблизи территории, ограниченной Лиговским проспектом, набережной Обводного канала, Воронежской улицей, улицами Константина Заслонова и Разъезжей.

Ближайшими к этой территории являются сохранившиеся пункты полигонометрии: пп977, пп852, пп790, пп663, пп10130, пп274, пп995, пп545, пп409.

Высотная геодезическая основа представлена нивелирными линиями [3]. Ближайшими реперами к территории исследования являются: н. м. 158, ст. рп. 2060, ст. рп. 3856, ст. рп. 4735, ст. рп. 3883.

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Недра, 2012. – 89 с.

2. ТСН 50-302 2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге / Правительство Санкт-Петербурга. – СПб., 2004. – 59 с.

3. ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. – М.: Недра, 1982. – 128 с.

УДК 528.45

Алексей Васильевич Волков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Михаил Михайлович Орехов, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: ahtelin@mail.ru, m_orekhov@bk.ru

Aleksei Vasilievich Volkov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Mihail Mihailovich Orehov, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ahtelin@mail.ru, m_orekhov@bk.ru

МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ НА КАДАСТРОВЫЙ УЧЕТ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ТАКИХ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ

TECHNIQUE FOR CADASTRAL REGISTRATION OF LAND PLOTS LOCATED IN THE RESIDENTIAL AREA OF SAINT PETERSBURG USING A COMBINED METHODOLOGY FOR DETERMINING THE POSITION OF CHARACTERISTIC POINTS OF SUCH LAND PLOTS

В статье представлена обобщенная методика постановки на кадастровый учет земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга с применением комбинированного метода определения координат характерных точек таких земельных участков. Применение такой методики позволяет последовательно использовать и геодезический метод получения координат характерных точек, и спутниковый метод в рамках правового поля выполнения топогеодезических работ для целей кадастрового учета. При разработке методики сотрудниками и студентами СПбГАСУ был проведен комплекс работ по обследованию пунктов полигонометрии на большой территории исторического центра города Санкт-Петербург. Как было установлено из анализа результатов обследования этой территории, более 80 % центров пунктов были утрачены.

Ключевые слова: кадастровый учет земельных участков, геодезический метод получения координат характерных точек, спутниковый метод получения координат характерных точек, пункты полигонометрии, съемочная геодезическая сеть, комбинированный метод получения координат характерных точек.

The article describes a generalized technique for cadastral registration of land plots located in the residential area of Saint Petersburg using a combined methodology for determining the position of characteristic points of such land plots. This technique allows the consistent use of both geodesic and satellite methods for determining the position of characteristic points within the legal framework of surveying for cadastral registration. When developing the technique, the professors and students of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering conducted a set of works to inspect traverse stations on the vast territory of the historical center of Saint Petersburg. As was determined from the analysis of the territory inspection results, over 80% of the traverse station marks were lost.

Keywords: cadastral registration of land plots, geodesic method for determining the position of characteristic points, satellite method for determining the position of characteristic points, traverse stations, geodetic surveying network, combined methodology for determining the position of characteristic points.

Обобщенная структурная схема предлагаемой методики постановки на кадастровый учет земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга с применением комбинированного метода определения координат характерных точек таких земельных участков представлена на рис. 1. Сущность методики заключается в следующем. Заявление о формировании земельного участка, на котором стоит многоквартирный дом, подается лицом, выбранным и уполномоченным общим собранием собственников помещений в многоквартирном доме. Такое лицо в дальнейшем является заказчиком работ. Заявление подается в районный отдел Комитета имущественных отношений Санкт-Петербурга по месту нахождения земельного участка. Для подготовки исходных данных, необходимых для рассмотрения в Комитете имущественных отношений

и в дальнейшем выполнении топогеодезических и кадастровых работ, заказчик заключает договор непосредственно с кадастровым инженером или топогеодезической организацией. Топогеодезическая организация (кадастровый инженер) собирает исходные данные на основании сведений региональной информационной системы, содержащей сведения об объектах недвижимости и объектах землеустройства «Геоинформационная система Санкт-Петербурга» (далее – РГИС).

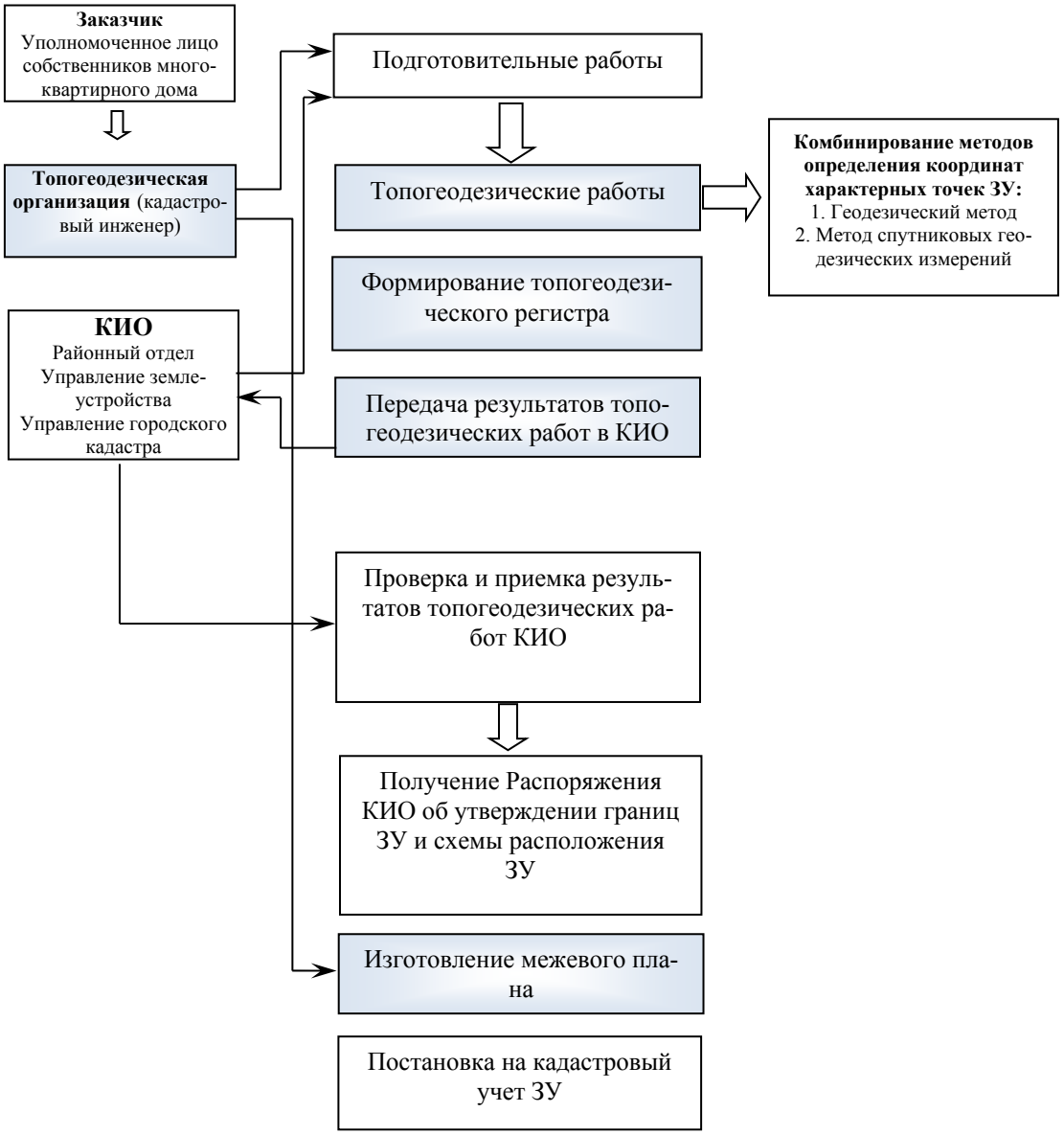


Рис. 1. Обобщенная структурная схема методики постановки на кадастровый учет земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга с применением комбинированного метода определения координат характерных точек таких земельных участков

После выдачи Комитетом имущественных отношений технического задания на проведение работ по межеванию земельного участка, топогеодезическая организация (кадастровый инженер) приступает к выполнению топогеодезических работ по съемке земельного участка. В соответствии с требованиями [1] для получения требуемой точности определения местоположения характерных точек земельных участков на территории жилой застройки города Санкт-Петербурга, необходимо применять геодезический метод (триангуляция, полигонометрия, трилатерация, прямые, обратные или комбинированные

засечки и иные геодезические методы) или метод спутниковых геодезических измерений (определений).

Необходимость построения (сгущения) плановой основы в районе работ определяется плотностью и расположением пунктов геодезической основы. В этом случае целесообразно отталкиваться от требований Инструкции [2] и Приказа Комитета по земельным ресурсам и землеустройству [3], где установлены масштабы и основные характеристики топогеодезической съемки.

Согласно инструкции, геодезической основой крупномасштабных съемок (без рельефа) являются:

1. Государственные геодезические сети (триангуляция и полигонометрия 1, 2, 3 и 4 классов).

2. Геодезические сети сгущения (триангуляция и полигонометрия 1 и 2 разрядов).

3. Съемочная геодезическая сеть (плановые съемочные сети или отдельные пункты (точки), а также точки фотограмметрического сгущения).

Используя только съемочное обоснование, съемку в городах выполнять не разрешается. Плотность геодезической основы в городах доводится до плотности не менее чем 4 пункта триангуляции и полигонометрии на 1 км^2.

Съемочная геодезическая сеть создается с целью сгущения плановой геодезической основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съемки. Плотность и расположение пунктов съемочного обоснования устанавливается техническим проектом или программой в зависимости от выбранной технологии работ.

Развитие съемочной геодезической сети выполняется от пунктов ГГС и ГСС 1 и 2 разрядов. При этом предельные погрешности положения пунктов плановой съемочной сети (m_s) относительно пунктов ГГС и ГСС не должны превышать для застроенной территории 0,2 мм в масштабе плана.

Теодолитные хода могут прокладываться с предельными относительными погрешностями 1:3000, 1:2000, 1:1000 в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

Допустимые значения длин ходов между исходными пунктами

Масштаб	m_s=0.2 мм		
	1/*N*=1/3000	1/*N*=1/2000	1/*N*=1/1000
	Допустимые длины ходов между исходными пунктами (км)		
1:2000	3,0	2,0	1,0
1:1000	1,8	1,2	0,6
1:500	0,9	0,6	0,3

Длины сторон теодолитных ходах в городах не должны быть более 350 м и менее 20 м.

Для висячих теодолитных ходов, длины сторон не должны превышать величин, указанных в табл. 2. Число сторон не более трех.

Таблица 2

Длины висячих ходов

Масштаб съемки	**Длина (м)**
1:2000	200
1:1000	150
1:500	100

Сгущение плановой съемочной сети выполнялось методом спутниковых геодезических измерений (определений) с использованием спутниковой геодезической сети референцных станций Санкт-Петербурга с соблюдением требований [4].

После выполнения полевых работ, топогеодезическая организация (кадастровый инженер) приступает к формированию топогеодезического регистра в электронном виде и приложений к нему. Эти данные передаются на проверку и приемку Комитету имущественных отношений.

При положительном результате приемки материалов, Комитет имущественных отношений выдает документ в виде распоряжения об утверждении границ земельного участка. После этого земельный участок ставится на кадастровый учет. Для этого кадастровым инженером формируется межевой план, который состоит из текстовой и графической части. Его формирование выполняется на основе кадастрового плана территории или кадастровой выписки о земельном участке.

Особенность представленной методики заключается, прежде всего, в использовании комбинированного метода определения координат характерных точек земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга, сочетающего в себе геодезический и спутниковый методы.

При разработке представленной методики сотрудниками и студентами СПбГАСУ был проведен комплекс работ по обследованию сохранности пунктов полигонометрии на большой территории исторического центра Санкт-Петербурга. Результаты обследования позволили сделать вывод, что более 80 % центров исходной геодезической основы утрачены. В большинстве случаев количество и расположение исходных геодезических пунктов не позволяет выполнить построение тахеометрических ходов, удовлетворяющих требованиям [2]. В тоже время, полностью выполнить определение координат характерных точек границ земельных участков только методом спутниковых геодезических измерений также невозможно. Это связано с особенностью застройки жилой зоны исторического центра города Санкт-Петербурга.

Таким образом, основываясь на практических материалах выполнения кадастровых съемок земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербург, был сделан вывод о необходимости применения комбинированного метода определения координат характерных точек, сочетающего в себе геодезический метод и метод спутниковых геодезических измерений. Такой комбинированный метод был успешно применен в ходе работ по постановке на кадастровый учет земельных участков, расположенных в жилой застройке города Санкт-Петербурга.

Литература

1. О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке [Электронный ресурс]: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации. от 17 августа 2012 г. № 518. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

2. ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. – Москва: Недра, 1982. – 128 с.

3. О внесении изменений в приказ Комитета по земельным ресурсам и землеустройству Санкт-Петербурга от 5 июня 2007 г. № 640 [Электронный ресурс]: приказ Комитета по земельным ресурсам и землеустройству Санкт-Петербурга от 20 января 2014 г. № 16. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

4. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS / Федеральная служба геодезии и картографии России. – Москва: ЦНИИГАиК, 2002. – 55 с.

M > B 528.063.9
E Z j b k D Z Z ^ u j h \ D g n Z j [Z g h \ Z
k l Z j r b i q _ i h ^ Z \ Z l _ e v
(K Z g - d l _ l _ j [m j] k j h k c m ^ Z j k l \ _ g g u c
Z j o b l _ d l - k j g h b l _ e v n u d b \ _ j k) b l _ l
E-mail: spbgasu210302@yandex.ru

Larisa Kadirovna Kurbanova,
Senior Lecturer
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: spbgasu210302@yandex.ru

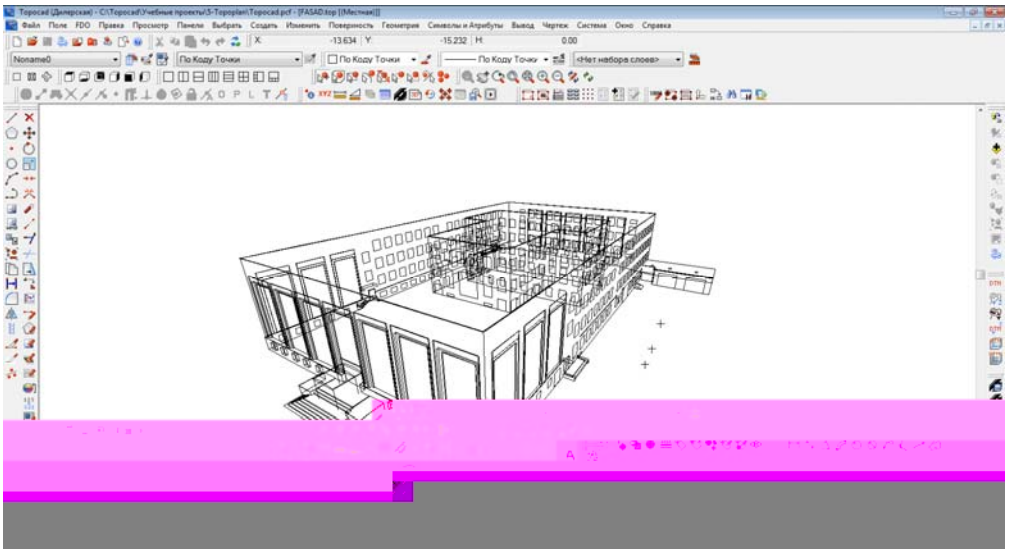
B K K E ? > H < : G B A F H @ G H K L J H = J : F F G H = J H > M D L T O P O C A D I J B D : F ? J : E V G H K C ; J : ; H L D ? J ? A M E V L : L = H < H > ? A B Q ? K D B O B A F ? J ? G B C

STUDY OF THE OPPORTUNITIES OF TOPOCAD SOFTWARE DURING OFFICE PROCESSING OF THE RESULTS OF GEODETIC MEASUREMENTS

< i h k e _ ^ \ g j _ _ f y \ h [j Z a h \ Z l _ e i v h g d h _ f k g k Z r _ d Z n _ ^ (j = u O = A) b Z D d l b \ g j h b f _ g y x l k - y \ j _ f _ g g u d h _ f i v x l _ j g l u _ o g h e h] l b b f q b k e b _ i j h] j Z f f g u i c h ^ m T d T O P O C A D , k i h f h s v x d h l h j h] h h k m s _ k l \ e y Z \ l k f y Z l b a b j h \ Z f g j g Z [y l j d Z a m e v l Z _ h \ ^ _ a b q _ b k d f b p _ g k o c h k e _ ^ m x s k b f a ^ Z g b l _ h i h] j Z n b q _ i k d Z o g h i \ h k l j h _ g b j _ f n b e , i c h ^ k q _ l h f t _ f h a _ f e y g j u Z o [h b \ u i h e - g _ g b _ f y ^ Z ^ j m] b a o Z ^ , Z i g j _ ^ g Z a g Z q _ ^ g y l u d h ^ _ a b q _ l k [d h k] i h _ q _ g b y

Работая в программе, студенты обучаются создавать 3D-модели зданий и сооружений, что очень удобно при выполнении таких работ, как фасадная съемка. Особенно удобна возможность 3D-преобразования координат с вращением, позволяющим произвести поворот имен точек в удобную для моделирования плоскость [1].

Особое внимание уделяется вопросам автоматизации процесса обработки исполнительной съемки при деформационном мониторинге. Результат выводится быстро и наглядно. Расхождения могут быть определены как относительно основных координатных осей, так и относительно дополнительных строительных СК.



Создание векторной 3D-модели

Иногда для наглядности ситуационного плана 3D-модели местности недостаточно. В данной программе студенты учатся оформлять 3D-модели реалистичными объектами вместо топографических обозначений. Символы могут быть не только плоскими, но и объемными, пространственными. Любая заливка пространственных линий отображается в 3D в соответствии с пространственным расположением объектов.

При решении ряда специализированных задач, связанных с вводом пространственной информации, студенты учатся подключаться к СУБД. Данные загружаются пользователем одновременно из разных таблиц одной базы, из разных баз одного сервера или из нескольких баз разных серверов в любой комбинации. После загрузки обучаемые могут управлять данными, изменять, дополнять и анализировать полученные результаты. Поддерживается формирование запросов пространственной информации по определенному признаку.

В связи с ежегодным внесением изменений, расширяющимися функциями программного продукта и добавлением новых модулей, в тематику проведения занятий вносятся изменения и дополнения.

Таким образом, в статье обобщен опыт по внедрению новых информационных технологий в учебный процесс на примере программного продукта Topocad и проведен анализ его возможностей по автоматизированной обработке результатов геодезических измерений.

Литература

1. Topocad: сайт ЗАО «Геостройизыскания». – URL: www.topocad.ru (дата обращения: 15.03.2016).

УДК 72.01

Ольга Александровна Манацкова, ассистент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: olgamanatskova@mail.ru

Olga Aleksandrovna Manatskova, Teaching Assistant
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: olgamanatskova@mail.ru

ВОЗНИКНОВЕНИЕ КАМЕННЫХ ХРАМОВ В СТРУКТУРЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

CREATION OF STONE CHURCHES IN THE STRUCTURE OF HISTORICAL CITIES OF THE WESTERN SIBERIA

Данная статья посвящена рассмотрению вопроса появления сакральных православных сооружений в исторических городах Западной Сибири и перехода к каменному строительству храмов. Приводится краткая историческая справка, рассказывающая о появлении первых крупных городов Западной Сибири, распространении православной веры среди населения этого края. В статье рассматриваются этапы появления первых сакральных сооружений, места их расположения в структуре города и в связи с окружающим ландшафтом. Уделяется внимание причинам и процессам перехода к строительству православных храмов в камне. Примерами являются крупные и малые исторические города Западной Сибири.

Ключевые слова: Западная Сибирь, православные храмы Западной Сибири, исторические города Западной Сибири, сакральные сооружения Западной Сибири, каменное храмостроительство.

This article considers the creation of sacred orthodox buildings in historical cities of the Western Siberia and transition to construction of stone churches. A short historical background telling about creation of the first large cities in the Western Siberia and spreading of the orthodox faith among the population of this land is given. The article considers the stages of creating the first sacred buildings, their locations in the structure of the city and connection with the outside landscape. Attention is paid to the reasons and processes of transition to the construction of orthodox churches made of stone. Examples include large and small historical cities of the Western Siberia.

Keywords: Western Siberia, orthodox churches of the Western Siberia, historical cities of the Western Siberia, sacred buildings of the Western Siberia, construction of stone churches.

С XVI по XVIII вв. шло активное расселение по территории Западной Сибири. На важнейших точках транспортных путей, как сухопутных, так и водных, формировались города. Примерами могут служить города Омск, Томск, Барнаул, Тюмень. К XIX в. они уже стали нести функции административных, культурных и торговых центров Западной Сибири.

Исторические судьбы крупных городов Западной Сибири разнятся, но, несмотря на это, все они обладают и общими характеристиками.

Природно-географическая среда этих городов очень похожа. Они расположены вблизи речного пространства, являлись административными и торгово-промышленными центрами Западной Сибири.

Городские поселения Сибири имели две основные схемы развития: строились как остроги (Томск) или развивались путем смены одного оборонительного сооружения другим (Тобольск).

Начало распространения христианства в Сибири относится к XVII в. Но только в XVIII в. процесс становится наиболее активным.

Для привлечения язычников и мусульман неподалеку от их поселений устраивались церкви и молитвенные дома. Но в XVII в. возможности церкви в сфере распространения православия были значительно ограничены, так как большая часть сибирских народов вела кочевой образ жизни.

Распространение православия на территории Сибири (бывшей тогда малонаселенной и с суровыми климатическими условиями) стало возможным благодаря тому, что в XVII в. началось масштабное освоение края первыми русскими поселенцами, носителями православной культуры.

Православная вера объединяла поселенцев в новом крае, служила связующей нитью с покинутой родиной. Поэтому для удовлетворения духовных потребностей верующие, обосновавшись на новом месте, приступали к постройке храма. Кроме того, любое культовое сооружение, по мысли верующих, освящало новое поселение, обеспечивало покровительство «небесных сил» [1, с. 14].

Строительство сакральных сооружений на территории Западной Сибири развивалось с начала XVII в. и с переменной активностью продолжалось на протяжении XVIII – начала XX вв.

Первыми культовыми православными сооружениями в новом крае являлись часовни. Они представляли собой небольшие безалтарные храмы, предназначавшиеся для общественных молений. Вокруг них формировались первые православные общины, образуя небольшой часовенный приход [2, с. 15].

Первыми в регионе появились «часовни-башни». Они строились одновременно с острогом и размещались в одной из сторожевых или проезжих башен. [1, с. 15].

В XV–XVI вв. в Европейской России строительство часовен-башен прекратилось, но в Сибири оно продолжалось вплоть до XVIII в. [1, с. 15].

В XVIII в. в политике правительства приняли новый курс – на сдерживание строительства церквей. Таким образом стремились к уменьшению финансовых и трудовых затрат населения. Первыми мерами стали ограничения по часовенному строительству. Но в Сибири подобные указы не исполняли. Тобольский митрополит Арсений Мацеевич, не смотря на все указы, продолжал выдавать разрешения на строительство часовен.

Несмотря на все запреты правительства, часовни в Сибири строились на протяжении всего XVIII в.

В XVIII в. изменилась география размещения церквей. Если ранее церковь строилась в городе – крепости, остроге или хорошо укрепленном поселении, то в начале XVIII в. приходские храмы «вышли» за пределы острожных стен и стали образовывать цепь последовательно расположенных церквей [1, с. 141] в посадах и слободах.

На строительство новых церквей влияли такие причины, как удаленность от уже существующей церкви, пожар или разрушение старой, отсутствие дорог или иных путей, делающее церковь недоступной в осеннее или весеннее время года. Перестраивались маловместительные церкви.

В Сибири 80-х гг. XVII в. насчитывалось около 150 церквей. Для такой обширной территории этого количества было явно недостаточно, но стоит учитывать тот факт, что все эти церкви строились в очень сложных условиях.

В XVII в. активнее всего осваивается именно западная часть Сибири. Это объясняется ее приближенностью к коренной России и уменьшением в связи с этим риска нападения недружественных этносов (джунгар и «немирных» киргизов).

Утвердить православие в Сибири без строительства церквей было невозможно. Особая роль храма определяется тем, что он одновременно есть фундамент и форма религиозной жизни [3, с. 70]. В связи с этим при строительстве крепости сразу же возводили храм.

Православный храм воплощает в себе единство материального и духовного миров. По внешнему проявлению храм действительно относится к «видимому миру», но освященная церковь, в которой происходят богослужения, совершаются все христианские таинства, представляет собой уже духовную сущность [3, с. 70].

Комплексы церковных строений являются важнейшими элементами культуры православия.

В Сибири до 1621 г. сакральные сооружения появлялись «стихийно».

С начала освоения Сибири дерево являлось единственным строительным материалом для возведения всех возможных тогда типов сооружений.

В XVII веке главной задачей церкви в Сибири было массовое строительство церквей. Церкви строились из дерева как самого доступного материала. С одной стороны, в XVIII в. это позволило увеличить количество культовых построек. С другой стороны, ненадежность и ветхость деревянных построек приводила к частым пожарам, в связи с чем возникала необходимость нового строительства храмов, строившихся на прежнем «намоленном» месте.

При примитивности отопительных устройств в зданиях, ночного освещения и приготовления пищи, огонь наносил огромный материальный ущерб, угрожая жизни людей, животных. Оставалось только одно эффективное средство борьбы с огнем – огнестойкое каменное строительство, которое, однако, было возможно в то время при ряде определенных условий [4, с. 174].

Например, после пожара в Тобольске 29 мая 1677 г. полностью выгорели посад, острог и Софийский двор. Но тобольские воеводы вновь возвели мощный город, правда снова не каменный. Через два года вновь отстроенный город снова сгорел в пожаре 7 августа 1680 г.

В Сибири церковь становится одним из первых заказчиков каменного строительства.

Вслед за постройкой Софийского собора было продолжено строительство в камне в Софийском дворе в Тобольске.

Одновременно со строительством зданий и стен Софийского двора в Тобольске строились церкви, тоже в камне: Преображенская (1685–1691 гг.), Троицкая (1691–1694 гг.), Богоявленская (1690–1691 гг.) и Спасская (1710–1713 гг.).

В начале XVIII в. в Тюмени тоже началось строительство каменных зданий. Инициатором начала каменного строительства был митрополит Филофей (Лищинский). На территории Спасо-Преображенского монастыря была создана каменная Троицкая церковь (1708–1711 гг.), давшая затем названия монастырю.

Бичом в городах были пожары, которые кроме строений уничтожали в храмах наиболее ценное для людей – это иконостасы, иконы, книги и подобные духовные ценности.

Через катастрофические пожары в XVIII–XIX веках прошли все крупные города Сибири. Это были Тюмень, Томск, Тобольск и другие. Многие из них горели неоднократно.

Прихожане стали просить разрешения самостоятельно строить каменные церкви в своих приходах.

Несмотря на то, что первые сооружения, выстроенные в Сибири, представляли собой весьма крупные и профессионально выстроенные здания, каменная архитектура в Сибири развивалась весьма медленно [4, с. 196].

Отмечая малочисленность в Сибири каменных построек XVIII в., ансамбли монастырей, наряду с небольшим количеством сохранившихся церквей Тобольска, Тюмени, Томска, Енисейска и других исторических городов, следует рассматривать как первоистоки в истории каменного строительства в Сибири. [5, с. 3].

Сакральные сооружения и монастыри, дошедшие до настоящего времени, неоднократно разрушались и переделывались. Здания церковных сооружений отражают быт, нравы и культуру поколений.

Началом первого этапа каменного строительства в сибирских монастырях стало возведение в конце XVII в. Преображенского собора Тобольского Знаменского монастыря… [5, с. 17].

В начале XVIII в. церковное строительство из камня было приостановлено на десятилетия петровским запретом возводить в провинции каменные здания. Величайшим повелением императора каменное строительство храмов назначалось в трех городах империи – Санкт-Петербурге, Тобольске и Верхотурье. Тобольск этого времени был единственным очагом каменного строительства во всей Сибири [5, с. 17], где был построен каменный Софийский (Успенский) собор в Софийском дворе.

В XVIII в. власти стали более настойчиво выдвигать требования об ограничениях в сооружении деревянных церквей. Предлагалось перейти на строительство из камня.

Деревянные церкви существовали довольно короткий промежуток времени, в среднем около 25 лет. Одни ветшали, другие требовали перестройки, многие оказывались просто маловместительными. Но основная часть так или иначе страдала от пожаров. Это положение ухудшалось еще и тем, что многие церкви отапливались «по черному».

В первой половине XVIII в. требования правительства о переходе на каменное строительство носили только рекомендательный характер. Во второй половине XVIII в. эти рекомендации постепенно все больше и больше стали носить характер приказов.

Литература

1. *Дулов А. В.* Православная церковь в Восточной Сибири в XVII – начале XX веков. Часть I / А. В. Дулов, А. П. Санников. – Иркутск, 2006. – 294 с.

2. *Вольская Л. Н.* Архитектурно-градостроительное наследие Сибири / Л. Н. Вольская. – Новосибирск: НГАХА, 2008. – 240 с.

3. *Тресвятский Л. А.* История Русской православной церкви в Сибири в XVII – начале XX веков: учебное пособие / Л. А. Тресвятский. – Новокузнецк: Изд-во МОУ ДПО ИПК, 2005. – 225 с.

4. Сибирские города XVII – начала XX века / Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт истории, филологии и философии; ред. отв., авт. предисл. О. Н. Вилков, авт. предисл. Д. Я. Резун. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1981. – 222 с.

5. *Баландин С. Н.* Начало русского каменного строительства в Сибири / С. Н. Баландин // Сибирские города XVII – начала XX века. – Новосибирск, 1981. – С. 174–196.

УДК 528.021

Игорь Николаевич Фомин, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: igor79487@ mail.ru

Igor Nikolaevich Fomin, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: igor79487@ mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИОНОСФЕРЫ НА ТОЧНОСТЬ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

IONOSPHERIC INFLUENCE ON THE ACCURACY OF SATELLITE MEASUREMENTS

В источниках ошибок, влияющих на точность спутниковых измерений при создании планово-высотного обоснования, можно выделить несколько групп: ошибки из-за внешних факторов, ошибки при проектировании, а также ошибки самой аппаратуры. Среди ошибок из-за внешних факторов выделяется влияние атмосферы. Атмосфера может оказывать влияние на уровне ионосферы. Ионосфера оказывает влияние на спутниковые измерения посредством фазовой задержки и групповой ионосферной задержки. Ионосферная поправка зависит от частоты распространения радиосигнала. В пределах частот от 400 МГц до 2 ГГц и выше ионосферная поправка оказывает большое влияние на измерения, поэтому следует применять приемники с частотой не ниже 400 МГц. В статье проведен анализ фактора ионосферы как источника ошибок спутниковых измерений и даны практические рекомендации по учету этого фактора при проведении геодезических работ.

Ключевые слова: атмосфера, ионосфера, спутниковые измерения, планово-высотное обоснование, ионосферная поправка, тропосферная задержка, псевдодальности.

The sources of errors influencing the accuracy of satellite measurements when developing a horizontal and vertical control can be divided into several groups: errors caused by external factors, design errors, and errors of equipment. Among the errors caused by external factors, an atmospheric effect can be distinguished. The atmospheric effect can be registered at the ionospheric layer. The ionosphere influences satellite measurements through phase delay and group ionospheric retraction. The sky-wave correction depends on the radio signal distribution frequency. Within the frequency range from 400 MHz to 2 GHz and above, the sky-wave correction largely influences the measurements. Therefore, receivers with the frequency not lower than 400 MHz shall be used. The article analyzes the factor of ionosphere as a source of satellite measurement errors and gives practical recommendations on consideration of this factor when conducting a geodetic survey.

Keywords: atmosphere, ionosphere, satellite measurements, horizontal and vertical control, sky-wave correction, tropospheric errors, pseudo range.

В источниках ошибок, влияющих на точность спутниковых измерений при создании планово-высотного обоснования, можно выделить несколько групп: ошибки из-за внешних факторов, ошибки при проектировании, а также ошибки самой аппаратуры.

Среди ошибок из-за внешних факторов выделяется влияние атмосферы на измерения. Атмосфера может оказывать влияние на уровне ионосферых задержек.

Ионосфера, простирающаяся от высоты 50 км и выше, является областью ионизованных газов (свободных электронов и ионов). Ионизация вызывается солнечной радиацией, и состояние ионосферы определяется преимущественно интенсивностью солнечной активности. Ионосфера состоит из слоев (называемых слоями *D, E, F1* и *F2*) на различных высотах, каждый со своими скоростями образования и потери свободных электронов [1].

Физические характеристики ионосферы изменяются ото дня к ночи в широких пределах. Пик электронной плотности наступает около 2 часов после местного полудня, а затем плотность начинает уменьшаться. Ночью ионизация не происходит и количество свободных электронов значительно уменьшается. Кроме того физические характеристики ионосферы значительные изменяются в зависимости от времени года и фазы цикла солнечной активности. Могут проявляться значительные изменения, в зависимости от геомагнитных нарушений. Есть также непредсказуемые краткосрочные влияния и локальные аномалии (подвижные ионосферные нарушения) [2].

Вышеописанные свободные электроны оказывают значительное влияние на измерение псевдодальностей. Скорость распространения радиосигналов в ионосфере зависит от числа свободных электронов на их пути, определяемых величиной полной электронной концентрации *TEC (Total Electron Content*). Это число электронов, содержащихся в столбе сечением в 1 м^2, простирающемся от приемника до спутника, рассчитывается по формуле (1):

$$TEC = \int_S^R n(s)ds\,, \tag{1}$$

где *n(s)* – переменная электронная плотность вдоль пути сигнала, от спутника *S* к приемнику *R*.

Длина пути через ионосферу самая короткая в направлении зенита, и поэтому *TEC* имеет наименьшее значение в вертикальном направлении. Район с наивысшей ионосферной задержкой лежит в пределах ±20° от магнитного экватора.

Величина *TEC* измеряется в единицах *TECU (TEC Units)*, определяемых как 10^{16} электронов/м^2 [1].

Ионосфера оказывает влияние на спутниковые измерения посредством фазовой задержки и групповой ионосферной задержки. Фазовая задержка отрицательная, то есть наблюдается опережение по фазе. Фазовое опережение $I_Ф$ (в метрах) прямо пропорционально количеству электронов на пути сигнала [1]:

$$I_Ф = -\frac{40{,}3 * TEC}{cf}\,, \tag{2}$$

где *c* – скорость света в вакууме; *f* – частота волны, исходящей от спутника до приемника.

Ионосферная задержка $I_Р$ (в метрах) для псевдодальности, измеренной по кодам [2], будет равна:

$$I_Р = -\frac{40{,}3 * TEC}{f^2}\,. \tag{3}$$

Влияние ионосферы на распространение сигналов от спутника к приемнику можно представить в виде:

$$I_A^i = 40{,}4 \cdot I_v \cdot f^2\left[\cos ec(\delta^2 + 20{,}32)\right], \tag{4}$$

где I_A^i – ионосферная задержка; $I_v = \int Ndr$ – вертикальная интегральная электронная концентрация *TEC*; *f* – несущая частота сигнала в Гц; δ – угол места в градусах.

Величина I_V может принимать значения около 10^{18}/м^2 [3]. Важным является то, что ионосферные искажения зависят от квадрата несущей частоты: их величину можно регулировать выбором длины волны распространения сигнала. Так, основная несущая волна *L1* в ГЛОНАСС и GPS в десять раз короче, чем в системах первого поколения. Поэтому в современных системах выбором длины радиоволн влияние ионосферы уменьшено практически в сто раз [3].

Проведя расчет ионосферных поправок по формуле (3), мы привели в таблице ионосферные задержки для нескольких частот и для двух значений величины *TEC*.

Таблица

Ионосферная поправка в дальность

Частоты	Поправка для TEC=10^{16}(эл/м^2) в метрах	Поправка для TEC=10^{18}(эл/м^2) в метрах
1	2	3
400 МГц	2,500	250,0
100 МГц	40,000	4000,0
2 ГГц	0,100	10,0
10 ГГц	0,004	0,4

Из анализа табл. 1 видно, что ионосфера оказывает значительное влияние на диапазон частот от 400 МГц до 2 ГГц, поэтому при работе в этом диапазоне следует уделить наибольшее внимание определению ионосферного влияния или стараться избегать работы в данном диапазоне.

Анализ формул (2) и (3) показывают, что для введения поправок в измерения псевдодальностей и фаз несущей также необходимо с достаточной точностью знать параметр TEC – полную электронную концентрацию по направлению радиолуча. Разработано несколько способов для учета или ослабления влияния ионосферы на параметры измерений либо по результатам измерений (двух- или одночастотных), либо посредством моделирования. При этом используется как зависимость ионосферной задержки от частоты, так и ее различное влияние на фазовые и кодовые измерения.

Таким образом, установлено, что ионосферная поправка зависит от частоты распространения радиосигнала. В пределах частот от 400 МГц до 2 ГГц и выше ионосферная поправка оказывает большое влияние на измерения, поэтому следует применять приемники с частотой не ниже 400 МГц.

Литература

1. *Генике А. А.* Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. – Изд. 2-е. – М., 2004. – 355 с.

2. *Антонович К. М.* Использование спутниковых систем в геодезии: в 2 т. / К. М. Антонович. – М. 2005. – Т. 1. – 334 с.

3. *Войтенко А. В.* Разработка методики создания планового геодезического обоснования с применением спутниковой системы GPS при межевании земель / А. В. Войтенко. – Новосибирск, 2008. – 235 с.

УДК 697.956

Илья Викторович Калинич, аспирант
(Сибирский федеральный университет)
Геннадий Васильевич Смольников,
канд. техн. наук, доцент
(Сибирский федеральный университет)
Геннадий Викторович Сакаш, д-р техн. наук,
профессор
(Сибирский федеральный университет)
*E-mail: il-k@mail.ru, genad123@mail.ru,
gsakash@sfu-kras.ru*

Ilya Victirovich Kalinich, post-graduate student
(Siberian Federal University)
Gennady Vasilyevich Smolnikov, PhD of Tech. Sci.,
Associate Professor
(Siberian Federal University)
Gennady Victirovich Sakash, Dr of Tech. Sci.,
Professor
(Siberian Federal University)
*E-mail: il-k@mail.ru, genad123@mail.ru,
gsakash@sfu-kras.ru*

К РАСЧЕТУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В КОНВЕЙЕРНЫХ ГАЛЕРЕЯХ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

CALCULATIONS IN DESIGN OF VENTILATION SYSTEMS FOR CONVEYOR GALLERIES OF MINING PROCESSING PLANTS

Проведена работа по получению данных, необходимых в процессе проектирования систем вентиляции конвейерных галерей горнообогатительных комбинатов черной металлургии, в которых осуществляется транспортировка влажных нагретых материалов, выделяющих пар. Исследованы материалы данных предприятий: железнорудный концентрат и возврат агломерата. Проведены экспериментальные исследования процесса тепломассообмена материалов в условиях конвейерной транспортировки. Рассмотрены факторы, влияющие на теплообмен. Установлена степень влияния на теплообмен угла наклона галереи, естественной конвекции и температурного фактора. Получены эмпирические зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи. Получены данные о температурном изменении поверхности материалов по длине конвейера. Определены коэффициенты массообмена для железнорудного концентрата.

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, парящие материалы, тепловой поток, теплоотдача, температурный фактор.

We conducted a research to collect data required in designing ventilation systems for conveyor galleries of mining processing plants of iron and steel industry, such systems are used to transport wet heated materials evaporating steam. We studied the following materials: iron ore concentrate and sinter fines. An experimental research of the material heat-and-mass exchange process under the conditions of conveyor transportation has been conducted. Factors influencing the heat exchange have been considered. The influence of the gallery slope angle, natural convection and temperature factor on the heat exchange has been established. Empirical dependencies for calculation of heat emission coefficients have been obtained. Data about temperature changes of material surface over the length of the conveyor have been received. Coefficients of mass exchange for iron ore concentrate have been determined.

Keywords: heat exchange, mass exchange, steaming materials, heat flow, heat emission, temperature factor.

Введение. На сегодняшний день системы вентиляции занимают одно из основных мест в вопросах улучшения условий труда на производстве. Особую актуальность имеет разработка вопросов вентиляции для конвейерных галерей горнообогатительных комбинатов, где из-за выделения большого количества пыли, теплоты, водяных паров и вредных газов затраты энергии на вентиляцию становятся сопоставимыми с затратами на технологические нужды, так как воздухообмены механической вентиляции на современных горнообогатительных комбинатах имеют очень большие масштабы.

На горнообогатительных комбинатах широко распространено транспортирование парящих материалов в галереях при помощи ленточных конвейеров [1]. При транспортировании данных материалов происходит выделение вредностей, таких как пыль, теплота и водяные пары.

Испарение влаги с поверхности материалов приводит к образованию тумана в воздухе галерей [2; 3; 4]. Ухудшение видимости при туманообразовании не позволяет эффективно контролировать работу конвейеров и является одной из причин производственного травматизма. Повышенная влажность внутреннего воздуха в сочетании с повышенной подвижностью является причиной простудных заболеваний рабочих и снижения производи-

тельности труда. Конденсация водяных паров на внутренних поверхностях ограждений и оборудования вызывает коррозию и приводит к их преждевременному разрушению.

Причиной неудовлетворительного состояния воздушной среды и условий труда в галереях парящих материалов является неэффективная работа систем вентиляции. Применяемая в настоящее время местная вытяжная вентиляции недостаточно эффективна из-за трудностей герметизации и недолговечности укрытий конвейеров. При проектировании общеобменной вентиляции применяются приближенные методы расчета, которые не учитывают особенности галерей парящих материалов. Количество имеющихся данных, необходимых для расчета тепло- и влаговыделений с поверхности транспортируемых материалов и инфильтрации воздуха в галереи, является недостаточным для точного расчета вентиляции.

Цель работы – получение данных, необходимых при проектировании вентиляции конвейерных галерей горнообогатительных комбинатов черной металлургии.

Для достижения поставленной цели была поставлена конкретная задача – исследование тепло- и массообмена при конвейерной транспортировке парящих материалов.

Методология. На первом этапе работы были проведены исследования теплообмена парящих материалов при конвейерной транспортировке в галереях. Для исследований использовалась экспериментальная установка, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

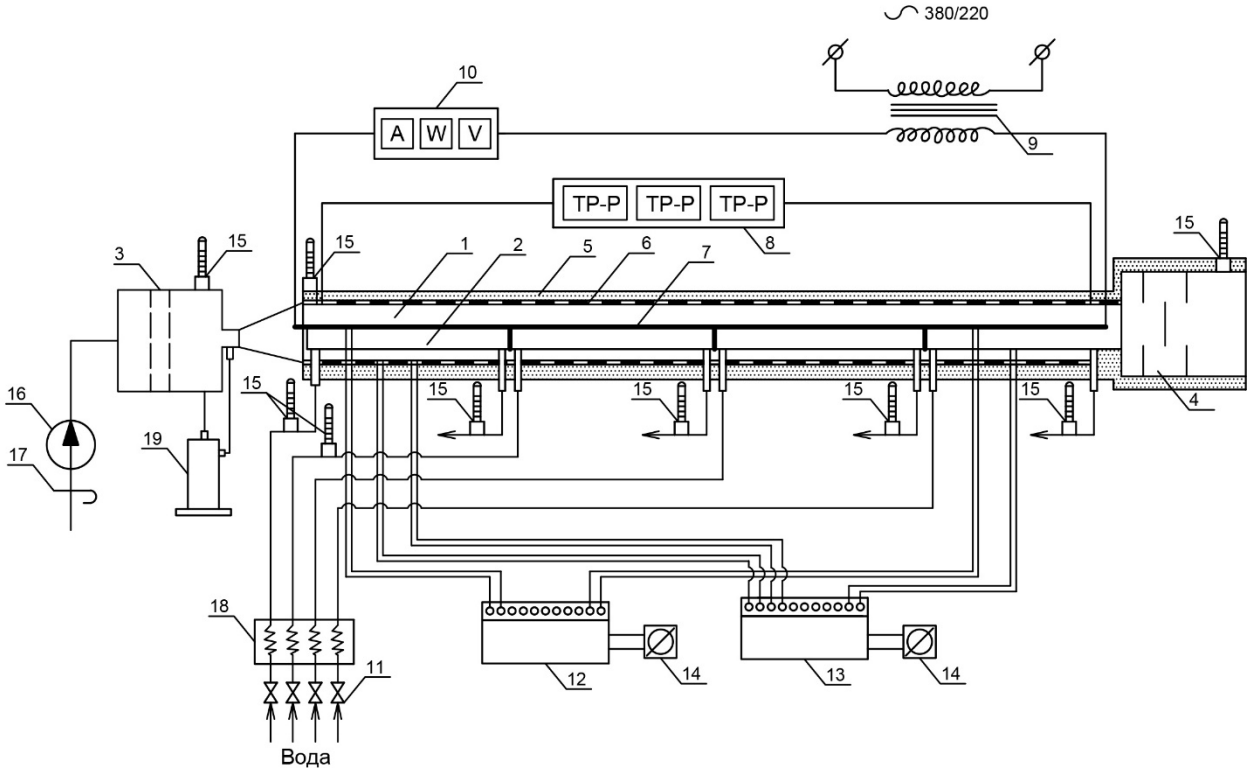


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования теплообмена:
1 – галерея; 2 – конвейер; 3 – камера давления с коллектором; 4 – камера смешения; 5 – теплоизоляция; 6 – обогреваемые ограждения; 7 – исследуемая пластина; 8 – трансформаторы АОМИ 40-20-77-4И; 9 – силовой трансформатор РНО-220-40; 10 – электроизмерительный комплект; 11 – регуляторы расхода воды; 12 – потенциометр КСП-4; 13 – потенциометр ЭПП-09; 14 – переключатель; 15 – термометр; 16 – вентилятор; 17 – регулирующая заслонка; 18 – термостат ТС-24; 19 – микроманометр МКВ-250-0,02

Принятая в экспериментальной установке схема регулирования температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций галереи позволила измерить конвективный и лучистый тепловые потоки, поступающие от поверхности конвейеров. С целью исключения поступления теплового потока от нижней поверхности исследуемой цилиндри-

ческой пластины и каркаса конвейера, в экспериментальной установке применялась система охлаждения каркаса конвейера. Охлаждение осуществлялось водой, которая от распределительного устройства подавалась в секции конвейеров. Расход воды регулировался при помощи пережимных устройств и устанавливался таким, чтобы средняя температура воды, циркулирующей в секции конвейера, была равна температуре воздуха под конвейером в среднем сечении секции.

При проведении исследований определялись величины:

1) температура воздуха на входе и выходе из галереи;
2) расход воздуха, проходящий через галерею;
3) локальные температуры поверхности исследуемой пластины.

В результате проведенных исследований получены данные, более полно отражающие процесс теплообмена парящих материалов в условиях конвейерной транспортировки, в сравнении с данными авторов предыдущих работ. Это можно объяснить тем, что исследования теплообмена проводились на одинаковых по конструкции установках, в которых нагревательные элементы, имитирующие транспортируемый материал, были изготовлены из двух сложенных асбоцементных пластин, между которыми была проложена проволока из нихрома [5]. Вследствие этого, теплоотдача в воздух галереи происходила как с верхней, так и с нижней поверхности пластин, а при расчете коэффициента теплоотдачи весь тепловой поток относился только к верхней поверхности пластины. Исходя из этого, были получены завышенные коэффициенты теплоотдачи. Кроме того, воздух в модель галереи подавался плоской струей, вследствие чего нарушалось моделирование на начальном участке.

На основании данных проведенных исследований, авторами настоящей работы получены эмпирические зависимости, позволяющие определить локальные и средние коэффициенты общей и конвективной теплоотдачи при конвейерной транспортировке материалов с температурой от 40 до 500 °С и рассчитать тепловой поток, поступающий от их поверхности.

Локальный коэффициент конвективной теплоотдачи при транспортировке материалов в конвейерных галереях:

$$Nu_x = 0{,}014 \cdot Re_x^{0{,}89}. \quad (1)$$

Данное уравнение справедливо при температуре материала от 40 до 90 °С, в диапазоне чисел Re = (0,2 – 30)*105.

Средний коэффициент теплоотдачи:

$$Nu_к = 0{,}26 \cdot Re^{0{,}67}. \quad (2)$$

Данная зависимость справедлива в интервалах изменения температуры материала от от 40 до 90 °С; число Рейнольдса Re = (9 – 35)*105; число Грасгофа Gr = (20,7 – – 55,1)*1010; угол наклона галереи φ = 0 – 30 °.

Коэффициент средней теплоотдачи для высокотемпературных материалов:

$$Nu_к = 0{,}28 \cdot Re^{0{,}67} \cdot \psi^{-0{,}11}, \quad (3)$$

где ψ – температурный фактор.

Уравнение (3) справедливо при температуре материала от 100 до 500 °С, в диапазоне Re = (8,5 – 43)*105.

Коэффициент обшщей теплоотдачи для высокотемпературных материалов:

$$Nu_о = 1{,}48 \cdot Re^{0{,}5}. \quad (4)$$

Уравнение (4) справедливо при температуре материала от 100 до 500 °С, в диапазоне Re = (8,5 – 4,5)*105.

На основании проведенных исследований теплообмена можно сделать выводы:

1) при конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой поверхности от 40 до 90 ºС влияние угла наклона и естественной конвекции на конвективный теплообмен является незначительным;

2) при конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой от 100 до 500 ºС на конвективный теплообмен оказывает влияние температурный фактор. С увеличением температурного фактора коэффициент конвективной теплоотдачи уменьшается;

3) при конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой от 100 до 500 ºС температурный фактор влияет на общий коэффициент теплоотдачи незначительно;

4) полученные эмпирические зависимости (1)–(4) позволяют определить локальные и средние коэффициенты общей и конвективной теплоотдачи при конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой от 40 до 500 ºС и рассчитать тепловой поток, поступающий от поверхности данных материалов.

На втором этапе работы было проведено исследование тепломасообмена.

По характеру тепломассообмена участки транспортировки парящих материалов в конвейерных галереях горнообогатительных комбинатов делятся на две группы:

1) двухслойный материал. Нижний слоем является влажный железнорудный концентрат, имеющий температуру около 20 ºС и влажность до 16 %. Верхний слой – сухой возврата агломерата с температурой от 400 до 800 ºС;

2) равномерно прогретый до температуры 60–80 ºС железнорудный концентрат, имеющий влажность 8–10 %.

Исследованиями авторов в производственных условиях установлено, что при транспортировке материалов первой группы теплоотдача с поверхности в окружающую среду и в слой железнорудного концентрата имеет существенно нестационарный характер, что связано с остыванием поверхности верхнего слоя частиц.

При транспортировании материалов второй группы изменение температуры и влажности материала незначительно. Ввиду этого, процесс поступления теплоты и водяных паров с поверхности материала в воздух галереи можно считать стационарным процессом при постоянной температуре и влажности материала.

Авторами получены данные об изменении температур поверхности парящих материалов по длине конвейера в условиях конвейерной транспортировки (рис. 2 и 3).

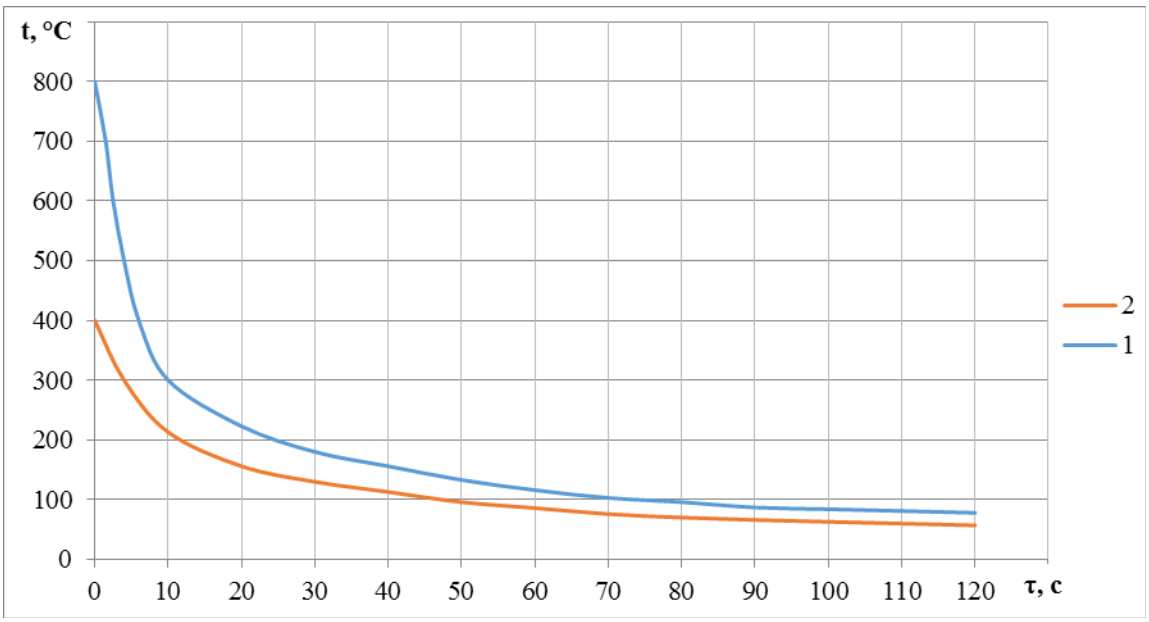


Рис. 2. Изменение температуры поверхности возврата в условиях конвейерной транспортировки:
1 – с начальной температурой возврата 800 ºС; 2 – с начальной температурой возврата 400 ºС

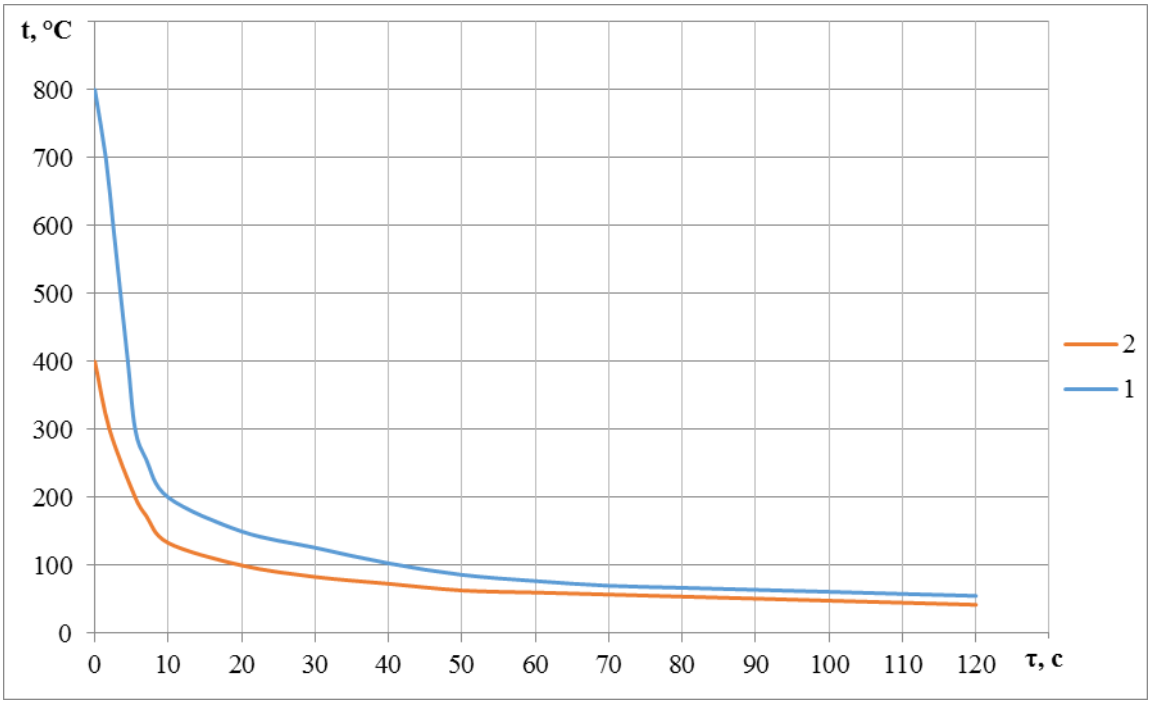


Рис. 3. Изменение температуры поверхности слоя железнорудного концентрата
в условиях конвейерной транспортировки:
1 – с начальной температурой верхнего слоя 800 °С; 2 – с начальной температурой верхнего слоя 400 °С

Также были проведены экспериментальные исследования для определения значения коэффициента массообмена железнорудного концентрата для ряда горнообогатительных комбинатов (Коршуновский, Стойленский, Высокогорский, Оленегорский, Ковдорский ГОКи). Значение данного коэффициента учитывается при расчете влаговыделений в процессе проектирования вентиляции:

$$m = \beta (p_м - \varphi_в p_в), \quad (5)$$

где β – коэффициент массообмена, зависящий от индивидуальных свойств материала и скорости движения конвейерной ленты [6], с/м; $p_м$; $p_в$ – парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре поверхности материала и температуре внутреннего воздуха, соответственно, Па; $\varphi_в$ – относительная влажность внутреннего воздуха, %.

Выводы

1. Определены факторы, влияющие на теплоотдачу от поверхности парящих материалов при конвейерной транспортировке.
2. Получены эмпирические зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи.
3. Получены данные о об изменении температур поверхности парящих материалов по длине конвейера в условиях конвейерной транспортировки
4. Рассчитаны коэффициенты массообмена для материалов конкретных производств.

Заключение

Таким образом, данные, полученные авторами, могут быть использованы при проектировании систем вентиляции в конвейерных галереях горнообогатительных комбинатов. Стоит отметить, что расчет, выполненный с учетом вышеуказанных данных, позволяет рассчитать вентиляцию без грубых погрешностей, что приводит к эффективной ее работе, а также как следствие, помогает достижению нормируемых параметров воздушной среды в помещениях конвейерных галерей. Кроме того, благодаря точному расчету дости-

гается энергосбережение на данных предприятиях, за счет меньшего расхода энергии на работу систем вентиляции.

Литература

1. Технические средства транспорта в металлургии / А. С. Хорунжий, В. И. Тиверовский, Г. Д. Забелин и др. – М.: Металлургия, 1980. – 336 с.

2. *Нейков О. Д.* Аспирация паропылевых смесей при обеспыливании технологического оборудования / О. Д. Нейков, И. Н. Логачёв, Р. Н. Шумилов. – Киев: Наукова думка, 1974. – 128 с.

3. *Калмыков А. В.* Промышленная вентиляция на обогатительных и брикетных фабриках / А. В. Калмыков. – М.: Недра, 1980. – 200 с.

4. *Шумилов Р. Н.* Испарение влаги зернистыми материалами / Р. Н. Шумилов, В. А. Данилюк, А. Д. Филенко. // Вентиляция и очистка воздуха. Вып. 5. – М.: Недра, 1969. – С. 127–134.

5. *Калинич И. В.* Исследование теплоотдачи с поверхности нагретых материалов при конвейерной транспортировке / И. В. Калинич, Г. В. Смольников, Р. Т. Емельянов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 3. – С. 29–34.

6. *Афанасьев И. И.* Обеспыливание воздуха на фабриках горнообогатительных комбинатов / И. И. Афанасьев, В. С. Ващенко, Г. С. Генералов. – М.: Недра, 1972. – 184 с.

УДК 697.12

Вера Михайловна Уляшева, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Георгий Анатольевич Рябев, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: *ulyashevavm@mail.ru*, *yageorgy@gmail.com*

Vera Mikhailovna Ulyasheva, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Georgy Anatolevich Ryabev, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ulyashevavm@mail.ru, yageorgy@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ЧЕРЕЗ ПОЛЫ НА ГРУНТЕ

NUMERICAL MODELING OF HEAT TRANSFER THROUGH THE FLOORS ON THE GROUND

Работа посвящена использованию численного моделирования для расчета процессов теплообмена в помещениях с целью совершенствования методов определения тепловых нагрузок систем обеспечения микроклимата. Численный эксперимент в области теплообмена позволяет получить подробные данные о распределении параметров воздушной среды. Тепловое состояние воздушной среды в рабочей зоне помещений существенно зависит от особенностей теплообмена через наружные ограждения, в том числе через неутепленные полы на грунте. В данной работе представлены результаты численного моделирования в производственном помещении с источниками тепловыделений с использованием программного продукта Star-CD.

Ключевые слова: микроклимат, тепловой баланс, полы на грунте, численное моделирование, модель турбулентности.

The work is devoted to the use of numerical simulation for calculation of heat transfer processes in environments for improving the methods of determination of thermal loads of climate systems. Numerical experiment in the field of heat transfer allows to get detailed information about the distribution of air quality parameters. Thermal state of air pollution in the work area depends essentially on the features of heat transfer through the external barriers, including through non-insulated floors on the ground. This paper presents the results of numerical simulation in the industrial indoors with sources of heat using a Star-CD software.

Keywords: microclimate, heat balance, floors on the ground, numerical modeling, turbulence model.

Состояние микроклимата помещений различного назначения в холодный период года зависит от таких основных факторов, как:

– внешние климатические условия;

– архитектурно-строительные решения зданий;

– теплозащитные характеристики ограждающих конструкций.

Нагрузка на системы обеспечения микроклимата определяется, исходя из теплового баланса отдельных помещений [1], включающие, в первую очередь, потери теплоты через наружные ограждающие конструкции [2]. При определении потерь теплоты необходимо знать коэффициенты сопротивления теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций, геометрические размеры, температурные условия и поправочные коэффициенты, учитывающие особенности расположения рассматриваемого помещения [3].

Одним из важных составляющих потерь теплоты через ограждающие конструкции являются потери через пол, в частности при его расположении непосредственно на грунте. При этом для производственных зданий и некоторых категорий помещений зданий гражданского назначения используются неутепленные полы на грунте. Принимая во внимание естественную неравномерность распределения температуры в грунте, для расчета теплопотерь через неутепленный пол используется метод зонирования. Несмотря на то, что с точки зрения общих теплопотерь помещения потери теплоты через полы составляют не более 15 %, однако их роль значительна для формирования температурных полей в рабочей или обслуживаемой зоне практически любых производственных помещений, а также помещений, расположенных на первых этажах гражданских зданий.

В качестве объекта численного моделирования принят многомашинный зал компрессорной станции с газотурбинными установками, отличающийся особыми объемно-планировочными решениями.

Газотурбинная установка (ГТУ) совместно с газоходами (рис. 1) в силу особенностей организации технологического процесса размещаются на площадках выше уровня пола. Это оборудование представляет мощные объемные источники тепловыделений. Такие источники способствует формированию в рабочей зоне машинных залов полей с низкими температурами воздуха [4], значительно отличающихся от нормируемых значений в зависимости от категории тяжести [5]. Применение устройств для струйной защиты, предлагаемое в работе [6], обеспечивает средние значения нормируемой температуры в рабочей зоне нижней части машинного зала. Температура воздуха на регламентируемой

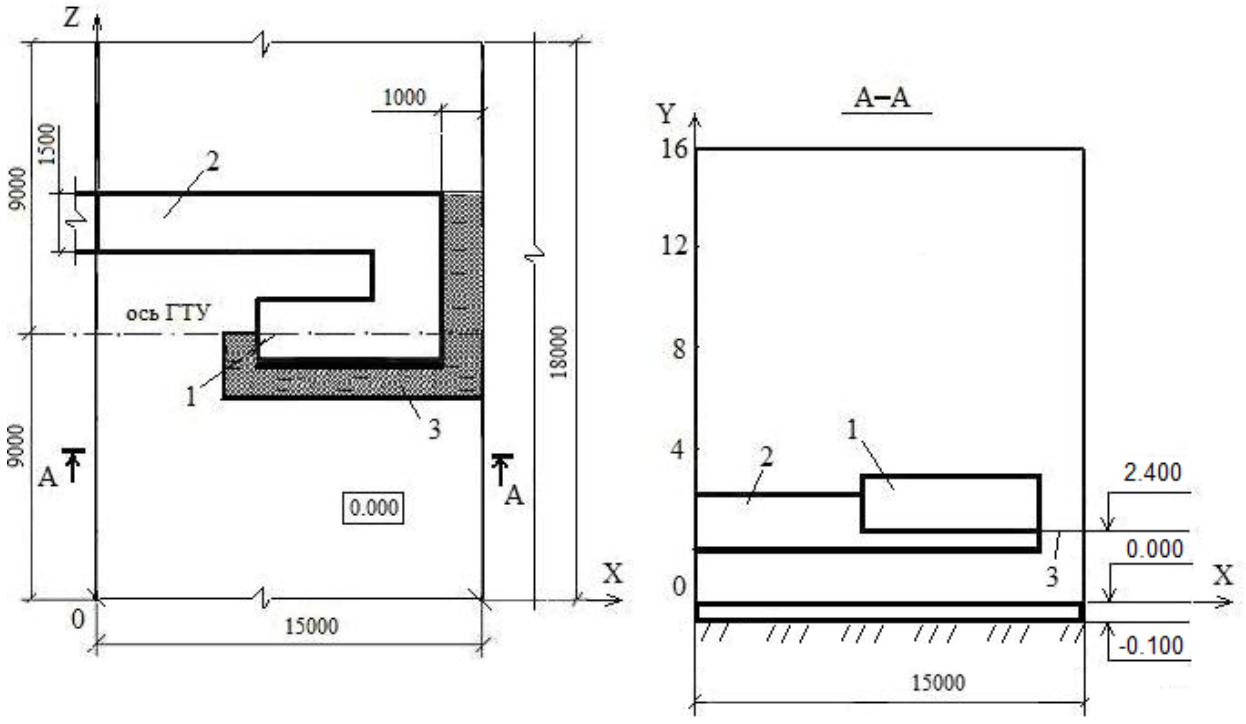


Рис. 1. План (а) модуля машинного зала и разрез А–А (б):
1 – газотурбинная установка, 2 – газоход, 3 – площадка обслуживания

для оценки состояния микроклимата высоте от пола 0,100 м согласно [7] значительно ниже нормируемых значений.

При исследованиях самых различных физических процессов в настоящее время используется численный эксперимент с применением программных комплексов. В работе представлены результаты численного моделирования при использовании программного комплекса Star-CD. В исследованиях принята модель турбулентности *k-ε,* адекватность использования которой при исследованиях вентиляционных процессов в рассматриваемых объектах оценена в работе [8].

Численное моделирование турбулентных течений воздуха в помещениях с источниками теплоты, как известно, основано на решении системы дифференциальных уравнений энергии, сохранения импульса (в форме Навье – Стокса) и неразрывности:

$$\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0,$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \overline{u_j u_i}}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\nu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j}\right) + g\beta(T - T_0) + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(-\overline{u_i' u_j'}\right), \qquad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \frac{\partial \overline{u_j T}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{\lambda}{\rho c_p}\frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j}\right) + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(-\overline{T' u_j'}\right)$$

где t – время; ρ – плотность; $\bar{u}_j$ – компоненты по осям координат вектора осредненной скорости; ν – коэффициент кинематической вязкости; $(T - T_0)$ – отклонение фактической температуры от фиксированного среднего значения; $\beta = T^{-1}$ – коэффициент теплового расширения воздуха; $\bar{P}, \bar{T}$ – осредненные значения давления и температуры; $\overline{u'_i u'_j} = \frac{\tau_{ij}}{\rho}$; τ_{ij} – турбулентные напряжения (напряжения Рейнольдса); $\rho c_p \overline{u'_j T'}$ – дополнительный тепловой поток; u'_i, u'_j, T' – локальные пульсации температуры и скорости потока.

Переход от дифференциальных к дискретным уравнениям осуществлялся с использованием метода конечных объемов на структурированной сетке. Применена неортогональная несмещенная сетка, которая сгущается у твердых границ. Для аппроксимации членов уравнений (1), которые описывают конвективную составляющую переноса количества движения, использована противопоточная схема первого порядка. Для коррекции давления применена процедура SIMPLEC. Приняты следующие граничные условия:

– для скоростей движения условия «прилипания» на стенках;

– плотности потока теплоты на поверхностях газотурбинной установки и газохода, наружных ограждений;

– средняя температура (+5ºС) на поверхности грунта;

– скорость движения и температура воздуха на выходе из приточных отверстий.

На рис. 2 представлены поля температуры воздуха в горизонтальных плоскостях, соответственно:

– на отметке − 0,001 м на рис. 2.а;

– на отметке +0,020 м на рис. 2.б.

Сечения $X = 0$ м и $X = 15$ м соответствуют внутренней поверхности наружных стен. Черными линиями отмечены зоны, расположенные под приточными устройствами, газоходом и газотурбинной установкой. Данные численного моделирования показывают, что на отметке − 0,001 м от внутренней поверхности пола на грунте наблюдается равномерное температурное поле, за исключением зон в окрестностях наружных стен. Температура практически соответствует температуре грунта (5–6 °С), вблизи наружных стен температура понижается до 0 °С. Распределение температуры воздуха при удалении от поверхно-

сти пола становится крайне неравномерным. Например, на уровне +0,020 м от внутренней поверхности пола на грунте температура изменяется от 0 °С до 20 °С. Это связано с влиянием радиационного и конвективного теплообмена, обусловленного особенностями расположения источников теплоты.

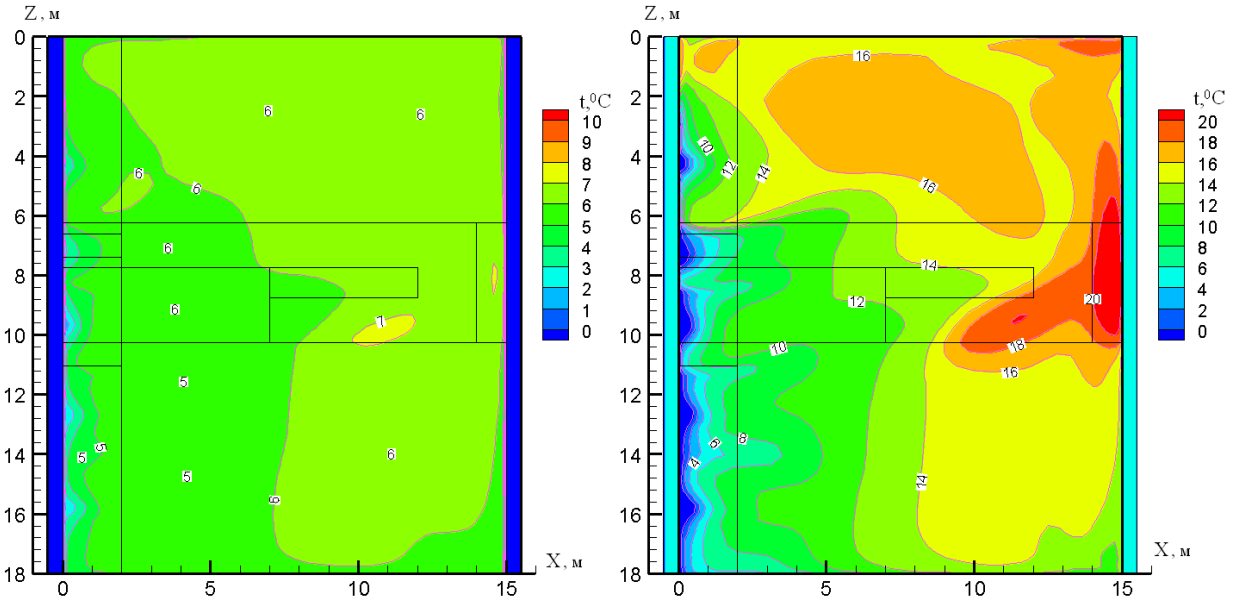


Рис. 2. Распределение температуры в конструкции неутепленного пола на отм. − 0,001 м (а) и воздуха на отм.+0,020 м (б)

На рис. 3–10 представлено распределение температуры по оси Y в точках плоскости X–Z с различными координатами. Данные показывают, что имеет место идентичный характер изменения температуры. Наиболее интенсивный характер изменения температуры наблюдается на границе «внутренняя поверхность пола – воздух». В точках, расположенных вблизи наружной стены (координата X = 0), перепад температуры меньше, чем перепад у противоположной стены (координата X = 15). Это связано с размещением в наружной стене с координатой X = 0 технологических проемов и ворот. Наличие нагретых поверхностей газотурбинной установки вследствие теплообмена обеспечивает более существенный перепад температуры в направлении оси Y.

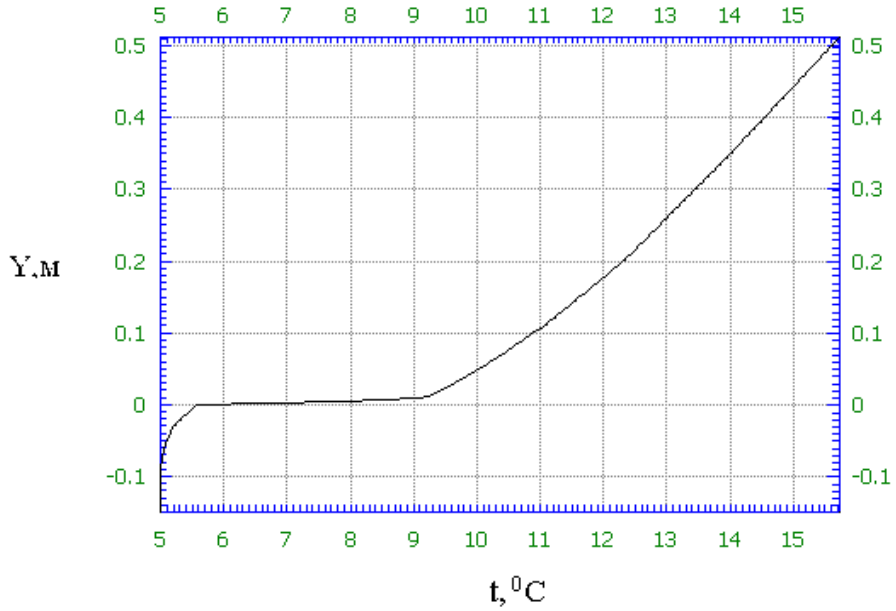


Рис. 3. Распределение температуры в точке с координатами X = 2,000 м, Z = 16,000 м

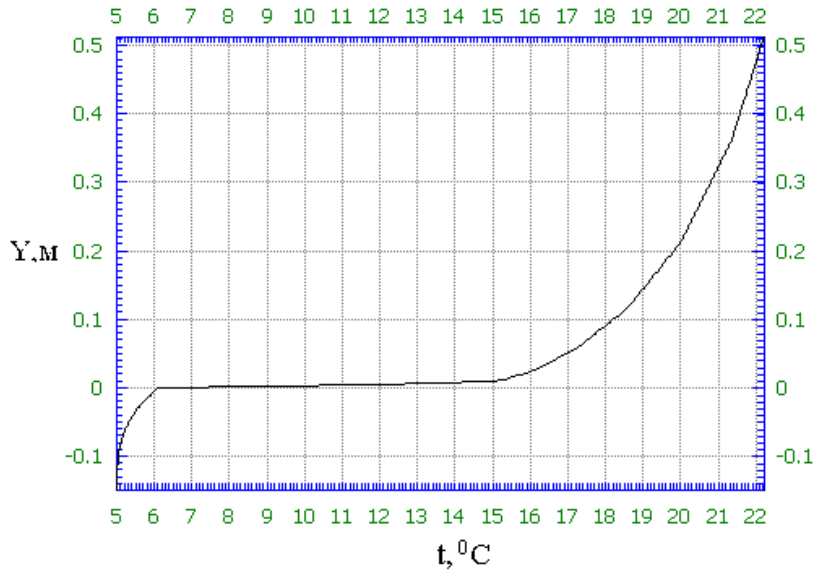


Рис. 4. Распределение температуры в точке с координатами
X = 3,000 м и Z = 3,000 м

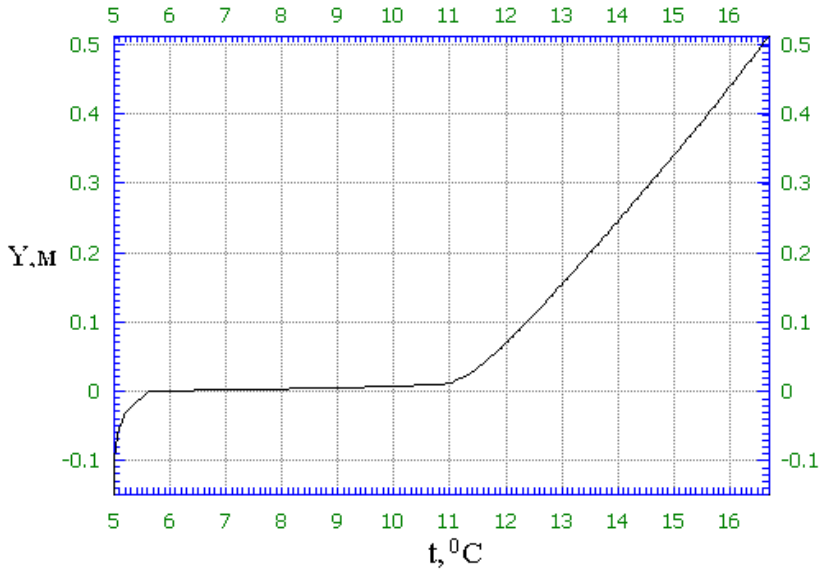


Рис. 5. Распределение температуры в точке с координатами
X = 3,000 м и Z = 9,000 м

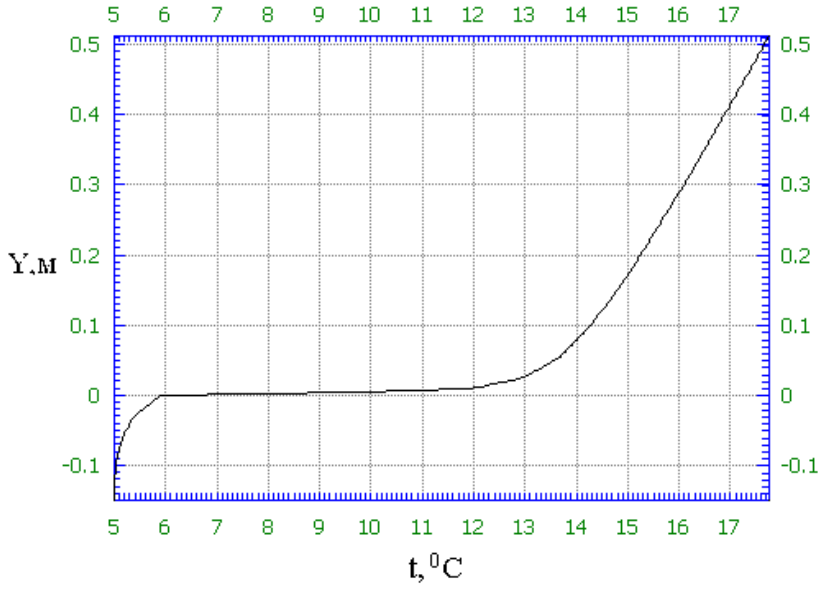


Рис. 6. Распределение температуры в точке с координатами
X = 7,000 м, Z = 9,000 м

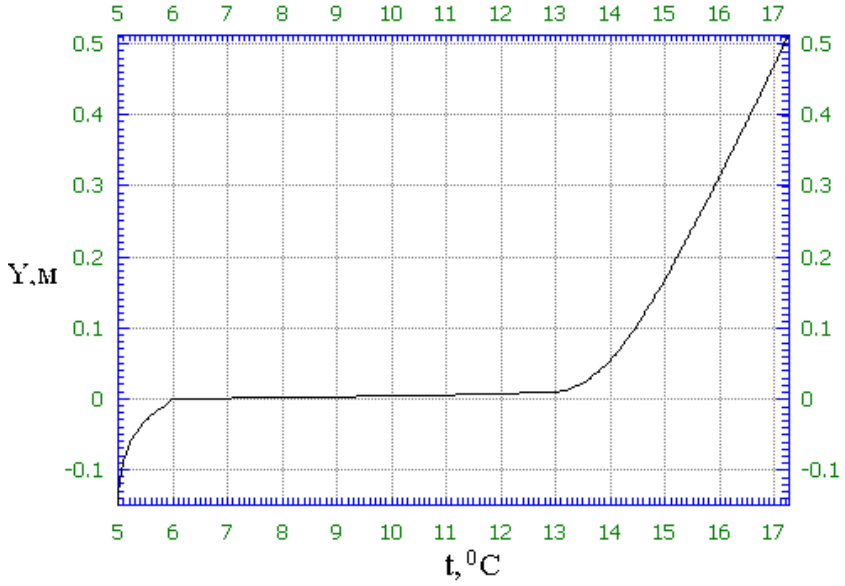


Рис. 7. Распределение температуры в точке с координатами
X = 7,000 м, Z = 16,000 м

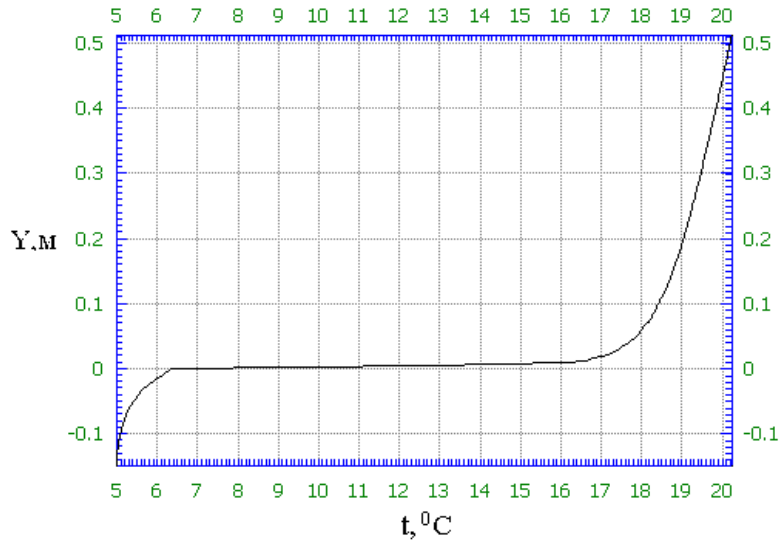


Рис. 8. Распределение температуры в точке с координатами
X = 13,000 м, Z = 3,000 м

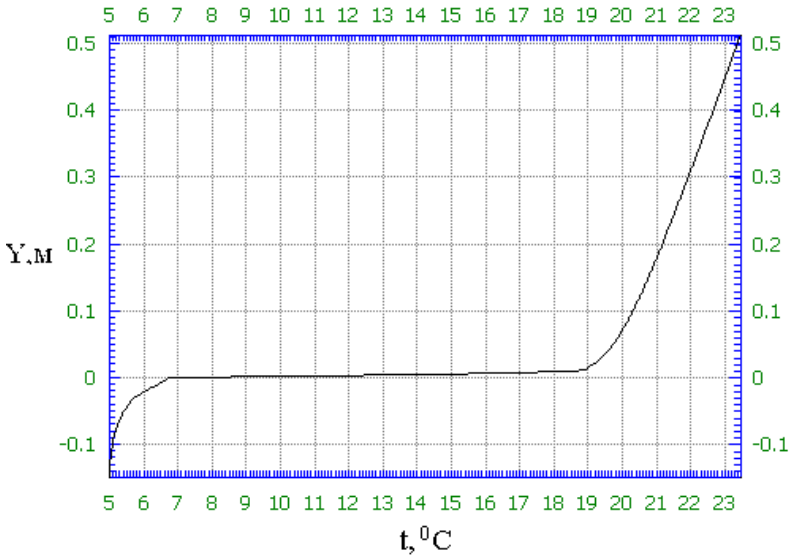


Рис. 9. Распределение температуры в точке с координатами
X = 13,000 м, Z = 9,000 м

Также следует отметить существенный градиент температуры в нижней части рабочей зоны помещения – от 15 до 20 °С/м. Такие показатели не соответствуют требованиям нормативных документов [5].

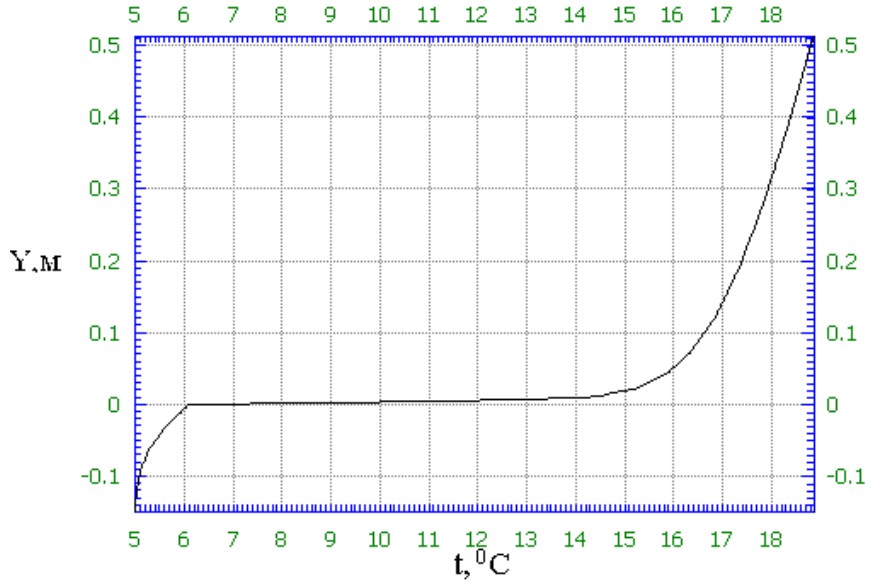


Рис. 10. Распределение температуры в точке с координатами X = 13,000 м, Z = 16,000 м

Выводы

Получено равномерное распределение температуры пола на грунте на отметке −0,001 м, за исключением зон, прилегающих к наружным стенам. Наиболее интенсивный характер изменения температуры наблюдается на границе «внутренняя поверхность пола–воздух». В нижней части рабочей зоны в пределах 0,500 м от пола имеет место существенный градиент температуры (15÷20 °С/м). Результаты приведенных исследований могут быть применены в расчетах потерь теплоты через неутепленные и утепленные полы и, в дальнейшем, при проектирования систем отопления.

Литература

1. СП 60.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Минрегион России. – Введ. 2013–01–01. – М., 2013. – 81 с.

2. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003. Тепловая защита зданий / Минрегион России. – Введ. 2013– 07– 01. – М., 2013. – 95 с.

3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты / Минрегион России. – Введ. 2004– 06– 01. – М., 2004. – 141 с.

4. *Позин Г. М.* Распределение параметров воздуха в помещениях с источниками тепловыделений / Г. М. Позин, В. М. Уляшева // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 6(32). – С. 42–47.

5. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы / Минздрав России. – Введ. 1996– 10– 01. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.

6. *Позин Г. М.* К вопросу управления воздушными потоками в помещениях с источниками теплоты / Г. М. Позин, В. М. Уляшева // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 3(32). – С. 179–183.

7. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны / Министерством здравоохранения СССР. – М.: Стандартинформ, 2008. – 49 с.

8. *Позин Г. М.* К вопросу применения моделей турбулентности при численном моделировании вентиляционных процессов / Г. М. Позин, В. М. Уляшева, И. Д. Киборт // Известия ВУЗов. Строительство. – 2013. – № 10. – С. 49–56.

9. *Захаревич А. Э.* Влияние высоты сплошного остекления в наружных ограждениях на формирование параметров микроклимата / А. Э. Захаревич // Сборник докладов V Международной научно-технической конференции. – М.: МГСУ, 2013. – С. 95–101.

СЕКЦИЯ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614; 699.88

Валерий Вазгенович Георгиади, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Сергей Николаевич Савин, д-р техн. наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: vgeorgiadi@yandex.ru, savinsn@gmail.com

Valerii Vazgenovich Georgiadi, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Sergei Nikolaevich Savin, Dr of Tech. Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: vgeorgiadi@yandex.ru, savinsn@gmail.com

ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ ВОЛН В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ

WAVE ENERGY DISSIPATION IN ENCLOSIG BUILDING STRUCTURES

Приведены результаты исследования по диссипации энергии акустических и ударных волн в ограждающих строительных конструкциях. Показана возможность создания ограждающих строительных конструкций, поглощающих как шум, так и вибрацию. Для решения задачи диссипации волн в ограждающих конструкциях выполняются поглощающие резонаторы, настроенные на поглощение заданной частоты шума (вибрации). В конструкции формируется «пространственная решетка» резонаторов в соответствии с частотными характеристиками шума урбанистической среды. Для снижения воздействия ударных волн, сейсмических волн применяются резонаторы, чьи характеристики позволяют снизить (исключить) возникновение собственных колебаний зданий. Показана возможность формирования «пространственной решетки» резонаторов, как из набора отдельных строительных камней, так и непосредственно в строительных конструкциях.

Ключевые слова: диссипация, строительная конструкция, строительные камни, резонатор, шум, вибрация, ударная волна, «пространственная решетка».

The results of a study on dissipation of acoustic and shock waves energy in enclosing building structures are demonstrated in the paper. The possibility of creating enclosing building structures which absorb noise and vibration is illustrated. To solve the problem of wave dissipation, the enclosing structures are built with absorbing resonators which are adjusted to absorb a given frequency of noise (vibration). A “space lattice” of resonators is formed in the structure in accordance with the frequency characteristics of urban noise. To reduce the effects of shock waves and seismic waves, the resonators with characteristics allowing to reduce (eliminate) natural vibrations of buildings are applied. The paper shows a possibility of forming a “space lattice” of resonators from both a set of separate building stones and directly in building structures.

Keywords: dissipation, building structure, building stones, resonator, noise, vibration, shock wave, “space lattice”.

Защита от шума, вибраций, сейсмических колебаний и т.п. на сегодняшний день является наиболее значимой и актуальной для строительной науки. Федеральные законы [1; 2] требуют обеспечить безопасные для человека условия пребывания и проживания в зданиях, сооружениях и на опасных промышленных объектах. В частности, требуется обеспечить защиту от шума в помещениях жилых и общественных зданий и в рабочих зонах производственных зданий и сооружений.

К сожалению, выполнение этих требований влечет вложение весьма существенных средств. Так, используемые методы повышения звукоизолирующих свойств железобетонного перекрытия, хотя бы на 6 дБ, требуют увеличения его толщины примерно в два раза. Аналогичные затраты возникают и для стен из любого однородного материала – кирпича, пенобетона, стекла, металла и т. д.

В современном строительстве все чаще используются многослойные конструкции, которые позволяют повышать звукоизоляцию стен и перекрытий без существенного увеличения их массы. Для снижения реакции конструкций на механическое воздействие

в области низких частот (сравнимых с частотами их собственных колебаний) можно предложить следующие решения:

- сейсмоизоляция;
- повышение пространственной жесткости;
- снижение массы сооружения;
- применение гистерезисных гасящих элементов.

При этом изменения состава самих ограждающих конструкций до настоящего времени считалось бесперспективным и затратным, поскольку служило, по мнению большинства ученых, только целям поглощения высокочастотного шума.

Так, широко известная шумопоглощающая панель, применяемая совместно с ограждающими строительными конструкциями, не снижает динамические нагрузки на здание; обладает сравнительно невысокой эффективностью шумоглушения за счет частичного отражения звуковых волн от звукопоглотителя, а также сравнительно узким (исключительно высокие частоты > 800 Гц) диапазоном шумоглушения.

Поэтому задачей исследований стали разработка и создание ограждающих конструкций, в которых одновременно сочетались бы два свойства – шумопоглощение и диссипация механических колебаний на низкой частоте.

Решение этой задачи стало возможно при создании так называемой «пространственной решетки» из набора поглощающих резонаторов, каждый из которых обеспечивает гашение колебаний определенной частоты.

Поглощающие резонаторы, установленные определенным образом в виде пространственной решетки, имеют камеры, выполненные в форме коаксиальных цилиндров разных диаметров, так что расстояние от горла резонатора до фронтальной стороны ограждающей конструкции не превышает длины резонатора, а расстояние между резонаторами составляет не менее 4–6 диаметров наибольшей камеры наименьшего резонатора.

Для повышения эффективности работы этой конструкции камеры резонаторов, образующих пространственную решетку, могут быть заполнены мелкодисперсной фракцией различных материалов, например, дроблеными отходами кабельной продукции или гидрокарбонатом натрия $NaHCO_3$ (пищевой содой).

Эксперименты показали, что такое решение позволяет снижать интенсивность вибраций в широком диапазоне частот, вплоть до низкочастотных собственных колебаний здания. Каждый резонатор для поглощающей конструкции может быть выполнен с любым количеством камер в форме коаксиальных цилиндров разных диаметров, однако, как правило, не более двух до трех.

Резонатор, выполненный в виде нескольких коаксиальных цилиндров разных диаметров, должен соответствовать экспериментально установленному соотношению между диаметром горла резонатора и его высотой. Оно равно 1:4:6.

Взаимное расположение резонаторов в теле ограждающей конструкции выбиралось из условия, что расстояние между резонаторами должно быть не менее 4–6 диаметров наибольшей камеры наименьшего резонатора. Это соотношение обусловлено исключением взаимовлияния рассеяния выделенной энергии на соседние резонаторы.

Заполнение камер резонаторов, образующих пространственную решетку, например, дроблеными отходами кабельной продукции или гидрокарбонатом натрия $NaHCO_3$ увеличивает поглощающие свойства благодаря повышению тепловых потерь в камерах резонаторов в связи с переходом энергии акустических волн в тепловую.

Заполнитель для камер подбирался с учетом требований по безопасности, низкой цене и доступности. Отобранные материалы проходили стандартные лабораторные испытания, которые и выявили наиболее пригодные из них. Например, в исследовании трехкамерный резонатор с размерами камер: $d_1 = 6$ мм, $h_1 = 5$ мм; $d_2 = 8$ мм , $h_2 = 5$ мм; $d_3 = 10$ мм, $h_3 = 5$ мм, и однокамерный резонатор с размерами камеры d_1=4 мм, h_1=16 мм полностью гасили вибрацию на частоте 8 Гц. В других образцах на данной частоте наблюдалось сни-

жение вибрации от 5,7 до 28,4 децибел. При этом эффективность работы резонаторов в различном диапазоне частот могла изменяться весьма существенно.

Изготовление такого рода конструкций может выполняться на стадии заливки бетона в арматурный каркас, где и размещаются резонаторы.

Кроме того, набор резонаторов для снижения вибраций может быть выполнен в строительных камнях – кирпичах, шлако- и бетонных блоках. В этом случае на основании расчета разрабатываются проекты укладки резонаторов в элементы, которые затем используются при облицовке стен зданий.

Применение предложенных технических решений позволяет обеспечить не только выполнение требований Федеральных законов [1; 2], но и повысить срок эксплуатации здания и сооружения за счет частичной сейсмо- и виброизоляции.

В перспективе возможно использование шумопоглощающих резонаторов, например, в узлах георешеток, укладываемых в дорожное полотно. Такой метод, по-видимому, приведет к значительному снижению шума и вибраций от движения автомобильного транспорта.

Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_15234/ (дата обращения: 25.03.2016).

2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 // Строительная газета. – 2010. – №№ 3, 4, 5.

УДК 519.81.

Владимир Леонидович Горохов, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Виталий Васильевич Цаплин, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Андрей Николаевич Маяков, студент магистратуры
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО))
E-mail: vlgoroho@mail.ru, vtzaplin@yandex.ru, arhimpeless@yandex.ru

Vladimir Leonidovich Gorohov, Dr.of Tech. of Sci., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Vitali Vasilevich Tsaplin, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Andrei Nikolaevich Mayakov
(Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics (ITMO))
E-mail: vlgoroho@mail.ru, vtzaplin@yandex.ru, arhimpeless@yandex.ru

РАЗРАБОТКА НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТАТИСТИК В МНОГОМЕРНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ ДЛЯ КОГНИТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ

DEVELOPMENT OF NON-PARAMETRIC STATISTICS IN MULTIVARIATE HYDROLOGICAL TIME SERIES FOR COGNITIVE DETECTION OF ANOMALIES

Предлагаются алгоритмы выявления сигналов неизвестной формы в многомерных временных рядах с последующим представлением отдельных временных рядов от каждой скважины как точек многомерном пространстве параметров этих скважин. С помощью средств когнитивной машинной графики эти скважины образуют когнитивные образы, в которых наглядно видно как аномальное поведение параметров этих скважин может быть выявлено в случае многомерных терабайтных массивов. Данный подход обеспечивает обнаружение аномалий в поведении параметров большой совокупности объектов мониторинга (скважин), что позволяет осуществлять раннее выявление аварийных ситуаций на объектах. Когнитивная технология стимулирует профессиональную интуицию для актуализации эмпирических знаний пользователей с учетом временной эволюции объектов мониторинга.

Ключевые слова: Непараметрические статистики, когнитивная машинная графика, многомерные временные ряды, статистический анализ многомерных временных рядов, робастные алгоритмы обнаружения стохастических сигналов, метод контрастного обнаружения.

The algorithms to detect unknown shape signals in multivariate time series with subsequent presentation of separate time series from each well as points in the multidimensional space of parameters of these wells are suggested. By means of cognitive computer graphics, these wells form cognitive images where it is visible how the anomalous performance of parameters may be detected in the case of multidimensional terabyte arrays. This approach provides the detection of anomalies in the performance of parameters of a large set of monitored objects (wells) that allows early detection of emergencies at the objects. Cognitive technology stimulates professional intuition to actualize the empirical knowledge of users with regard to the temporal evolution of monitored objects.

Keywords: non-parametric statistics, cognitive computer graphics, multivariate time series, statistical analysis of multivariate time series, robust algorithms for detection of stochastic signals, contrast detection method.

За годы наблюдений в гидрологической практике происходит накопление большого объема многомерных временных рядов (100 терабайт). Однако их анализ представляет серьёзные трудности (это и многомерность данных для одного технического объекта и многочисленность таких объектов). Кроме того, таблицы, описывающие эти объекты, содержат множество параметров, изменяющихся с течением времени по каждой скважине. Это так называемая вложенная иерархия многомерностей [1]. Поэтому ниже предлагается для выявления аномалий в поведении скважин использовать когнитивный анализ [2] многомерных временных рядов по каждой скважине, и затем предлагается непараметрические статистики количественной оценки этих аномалий [3] в многомерных рядах представлять для всей совокупности скважин как когнитивный образ, на котором наглядно видно, как отличаются различные скважины по всем многомерным данным. По сути, предлагается метод, сочетающий объективную количественную робастную оценку многомерных аномалий с когнитивным наглядным образом множества скважин. То есть, предлагается устойчиво и объективно обнаруживать аномалии в многомерных данных для одного объекта (здесь скважина), а затем с помощью когнитивных образов обобщать и наглядно выявлять эти многомерные аномалии для множества аналогичных объектов.

По каждой скважине имеются статистические данные, собранные за многие годы. В исследуемой таблице в первом столбце представлены моменты времени от 1967 по 2013 гг., в остальных столбцах представлены измеренные параметры. Например, это Na+K, Ca, Mg, Cl, HCO3, SO4, CO2, сухой остаток, минерализация. В этом случае, каждый столбец будет представлять из себя изменяющиеся переменные во времени, т. е. временные ряды.

Исходную таблицу можно представить так, будто заданы координаты для каждого момента времени в виде разных параметров по строке. Из этого следует, что каждый момент времени будет являться точкой в многомерном пространстве параметров.

Для дальнейшего решения поставленной задачи необходимо использовать программу когнитивной визуализации SpaceWalker [4]. Если открыть исходную таблицу в программе, то на экране покажется некое облако точек, которое характеризует многомерный временной ряд. Если мы видим симметричное облако точек, то это означает, что с параметрами во времени ничего не происходит. Если изменения во времени есть, то будут наблюдаться изображения, в которых облако преобразуется в набор, напоминающий «горные хребты». Подобные изображения и позволяют визуализировать и интерпретировать многомерные временные ряды с целью предварительного обнаружения аномалий временных рядов.

Например, если выбрать такие ведущие оси Na+K и Mg, то выделится особая группа точек от основного облака. В исходной таблице эти точки относятся к промежутку времени от 1967 по 1974 гг. При детальном рассмотрении параметров, можно выделить такие моменты. Для выделенного промежутка времени характерно более низкое содержание CO2, HCO3. Дебит скважины в выделившимся облаке оказался в 3–4 и более раз ниже, чем в последующие годы.

Подобные аномалии могут быть описаны на следующей модели теории сигналов x(t)=s(t)+z(t). Здесь x(t) – это процесс на выходе регистрирующей аппаратуры представляет собой аддитивную смесь сигнала s(t) неизвестной формы (для гидрологов аномалия) с шумом z(t) (с неизвестным распределением, но описываемым параметрами сдвига, масштаба, независимости). По результатам наблюдений формируем выборку $x(t) = x_1, \ldots x_i \ldots x_k$ и формируем выборку не содержащую сигнала (аномалии) $y_j=y_1,..y_2,\ldots y_m$. Имея эти выборки, методом контраста можно оценить энергию сигнала (энергию аномалий). По аналогии с гауссовской моделью, рассмотренной в [3], получаем оценку в виде $E_c = Me(x^2_i)-Me(y^2_j)$, здесь Me() – оценка медианы. Такие оценки получаются по всем параметрам скважины в многомерном пространстве параметров, каждая скважина представляет собой точку. Множество скважин образует отдельные облака, которые характеризуют «похожесть» многомерных аномалий в разных облаках. Кроме того, уплощение облаков и их наклон к выделенным параметрам характеризует связь между аномалиями в терабайтных массивах данных. Предлагаемый эргономический подход позволяет визуально заметить малые, но многомерно связанные аномалии в терабайтных массивах данных, открывает новые возможности для мониторинга больших природных и техносферных систем. Современные системы статистического анализа SPSS Statistics дополняют и обеспечивают детальный объективный количественные анализ обнаруженных с помощью когнитивных средств техносферных и природных аномалий.

Литература

1. *ЧесаловС. М.* Статистические методы решения гидро-геологических задач на ЭВМ / С. М. Чесалов. – М: «Недра», 1989. – 178 с.

2. Управление в условиях неопределенности / С. В. Прокопчина, М. Ю. Шестопалов, Л. В. Уткин и др. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. – 304 с.

3. *Богданович В. А* Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов / В. А. Богданович, А. Г. Вострецов. – М.: Физматлит, 2003. – 316 с.

4. *Горохов В. Л.* Современные методы когнитивной визуализации многомерных данных: монография / В. Л. Горохов, А. А. Лукьянец, А. Г. Чернов. – Томск: «Некоммерческий фонд развития энергетики», 2007. – 216 с.

УДК 614.894.3

Владимир Васильевич Милохов, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный университет)
Виталий Васильевич Цаплин, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: milohov@mail.ru, vtzaplin@yandex.ru

Vladimir Vasilievih Milokhov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University)
Vitaly Vasilievih Tsaplin, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: milohov@mail.ru, vtzaplin@yandex.ru

ОЦЕНКА ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ АСПИРАЦИИ

ASSESSMENT OF THE MOTION TRAJECTORY OF AEROSOLS DURING ASPIRATION

Анализируются достоинства способа локализации аэрозолей за счет уменьшения энергии частиц непосредственно у зоны ее образования. Предложены средства предотвращения оседания частиц внутри аспирационных укрытий. Показаны преимущества сочетания отражателей и подачи встречных потоков воздуха, осуществляемого с целью экономии затрат энергии на аспирацию. Рассмотрено движение частиц при взаимодействии их со всасывающим потоком воздуха. Сделано аналитическое обоснование и предложен метод расчета максимальной высоты подъема факела аэрозолей относительно зоны его образования. Приведен перечень исходных данных для расчета траектории движения частиц в процессе аспирации.

Ключевые слова: локализация, частицы, аспирационное укрытие, аэродинамическое сопротивление, энергия, затраты, методика, траектория.

The paper analyzes the advantages of the method of aerosols' localization by the reduction of the energy of particles directly at the area of its formation. Means to prevent the settling of particles inside the aspiration hood are proposed. Advantages of combining reflectors and supply of counter flowing air conducted in order to save energy spending for aspiration are demonstrated. The motion of particles during their interaction with suction flow has been examined. An analytical justification has been performed and a methodology for calculation of the maximum height of aerosol spray relative to its area of formation is suggested. The paper gives a list of initial data for calculation of the motion trajectory of particles during aspiration.

Keywords: localization, particles, aspiration hood, air resistance, energy, expenditures, methodology, trajectory.

Использование аспирационных установок является одним из надежных средств коллективной защиты работников от воздействия пыли. Гигиеническая эффективность работы этих установок во многом зависит от конструкции аспирационных укрытий, используемых применительно к различным типам оборудования, работа которых сопровождается выделением аэрозолей в воздух. Процессы, происходящие в любом аспирационном укрытии, представлены взаимодействием потоков пыли, воздуха, формируемого вращающимися режущими элементами оборудования и потока аспирируемого воздуха. Направление факела и энергия пылевого потока полностью определяются условиями резания, т. е. зависят от конструкции режущего органа, от величины центробежной силы, действующей на частицы пыли со стороны резца, скорости резания и подачи, а также от физико-механических свойств обрабатываемого материала и др.

Указанные параметры не остаются постоянными и, как следствие, факел пылевого потока изменяет направление своего движения, имеет различные геометрические размеры, кинетическую энергию и плотность потока частиц пыли (концентрация или рассеивание частиц). Такой характер формирования пылевого потока затрудняет создание четких теоретических подходов для описания процесса распространения частиц в процессе резания и его взаимодействия с потоками воздуха.

По этой причине аспирационные укрытия, являясь средством локализации отходов резания и создания условий для их направленного движения в транспортный воздуховод, из-за несовершенства конструкций в настоящее время эксплуатируются при завышенных расходах аспирируемого воздуха. При этом эксплуатация аспирационной системы сопровождается высокими энергетическими затратами, основной вклад в которые вносят расходы на тепловлажностную обработку наружного воздуха, подаваемого в производственные помещения для компенсации аспирируемого воздуха. Поиск способов оптимизации конструкции аспирационных укрытий, позволяющих обеспечить требуемый гигиенический эффект при минимальном расходе аспирируемого воздуха, подтвердил перспективность использования способа, предусматривающего искусственное уменьшение энергии частиц на незначительном удалении от места образования, и концентрирование их в зоне транспортного воздуховода.

В аспирационных укрытиях, конструкция которых позволяет уменьшить кинетическую энергию частиц в непосредственной близости от зоны образования, необходимо, создать условия для их многократного отражения от внутренних поверхностей укрытия на пути распространения, после чего они начинают совершать свободное падение. В тоже время, обеспечив такой характер движения частиц в аспирационном укрытии, следует не допускать их осаждения на вращающиеся элементы оборудования и предотвратить их оседание на внутренних поверхностях укрытия. Особых проблем не возникает для конструкторских решений по изменению направления движения частиц, которые исключают их осаждение на вращающиеся элементы оборудования. В частности, достигают это посредством пластин-отражателей, изменяющих направление движение частиц, препятствуя их движению в направлении вращающегося элемента оборудования, и возвращая их в ос-

новной факел аэрозолей [1]. Некоторые трудности возникают при создании условий для полного удаления осевших частиц за пределы аспирационного укрытия в транспортный воздуховод. Объясняется это необходимостью больших затрат энергии для создания транспортных скоростей аспирируемого воздуха во внутреннем объеме укрытия. Энергетические затраты особенно возрастают при необходимости удаления осевших внутри укрытия частиц, из-за затрат энергии на преодоление силы сцепления их с поверхностью осаждения. Решение задачи полного удаления осевших внутри укрытия частиц удалось упростить за счет создания условий препятствующих осаждению частиц на горизонтальную поверхность. Пластины-отражатели размещены таким образом, что они не только препятствуют движению частиц в зону вращающихся режущих элементов оборудования, но и направляют отразившиеся частицы навстречу потерявшим энергию частицам, т. е. совершающим свободное падение. Данное решение позволяет создать условия для их взаимного столкновения указанных потоков частиц, обеспечивая взвешенное состояние оседающих частиц, и тем самым, уменьшая требуемые расходы воздуха для удаления пыли за пределы аспирационного укрытия.

Управления процессами отражения частиц посредством пластин-отражателей позволяет значительное снизить расход аспирируемого воздуха, но при этом полностью не исключает образование «заторов» осевшей пыли внутри укрытия. Как результат, по мере накопления осевшей пыли в укрытии резко возрастает аэродинамическое сопротивление аспирационного укрытия и через открытые проемы пыль поступает в воздух рабочей зоны.

Отходы резания (пыль и более крупные частицы), оседающие в укрытии, не всегда могут быть удалены только под воздействием всасывающего потока воздуха [2; 3]. Для стабилизации процессов удаления осевшей пыли из укрытия необходимо использовать вспомогательные устройства для попутного подвода воздуха, т. е. средства активирования пылевоздушного факела. Эти устройства могут быть выполнены в виде сопла для подачи воздуха или перфорированного днища разгрузочной камеры. Другим вариантом организации подачи активирующего потока воздуха является подача его через днище, выполненное в виде жалюзийной решетки, представленной пластинами, ориентированными перпендикулярно направлению потока пылевоздушного факела [4]. Через эти устройства подается сдувающий поток воздуха, который препятствует контакту пыли с днищем и способствует «псевдоожижению» осевшей пыли, что и упрощает удаление ее из аспирационного укрытия.

Расход активирующего воздуха $L_{сд}$, представленного плоской струей, направленной по всей ширине днища разгрузочной камеры, можно определить из выражения:

$$L_{сд} = v_{тр}\delta_{сж}l_{к} \approx 0{,}3l_{к}, \text{ м}^3/\text{с},$$

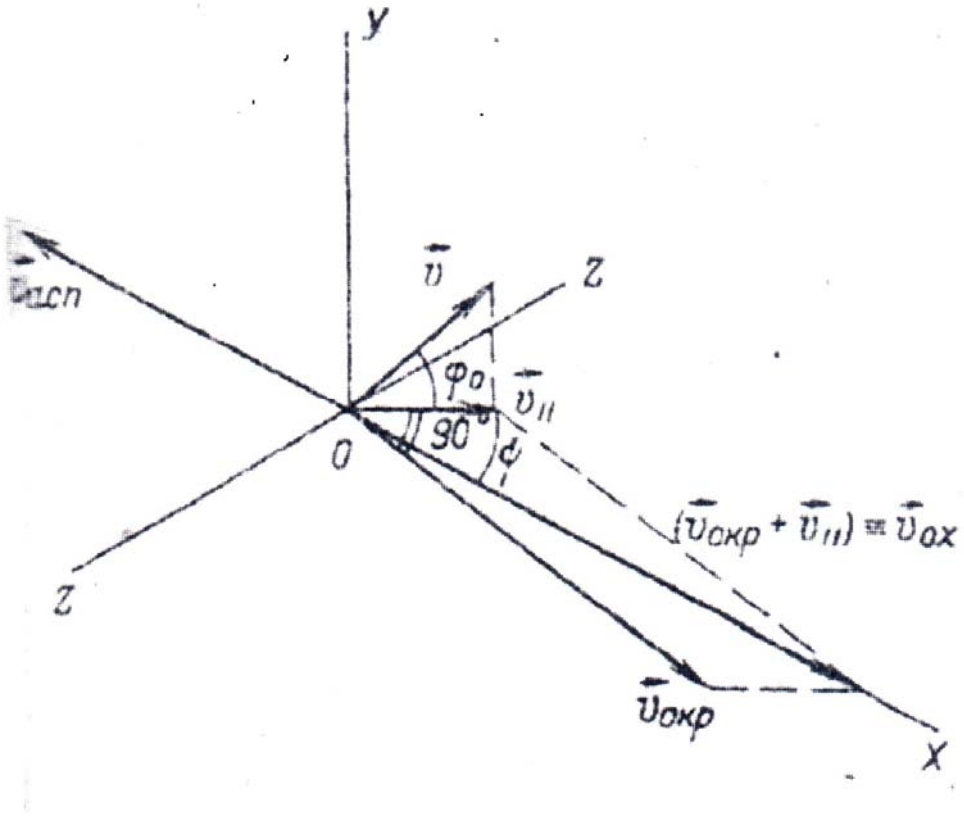
где $v_{тр}$ – скорость активирующего потока для удаления пыли, принимается равной 20 м/с; $\delta_{сж}$ – толщина слоя активирующего потока; $l_{к}$ – ширина днища камеры. Необходимо учитывать, что расход аспирируемого воздуха не должен быть менее активирующего потока воздуха, чтобы исключить повышение давления в аспирационном укрытии и избежать выбивание пыли через открытые проемы.

Обоснование требуемых параметров аспирируемого воздуха можно осуществить на основе анализа изменения траектории движения частиц под воздействием аспирируемого воздуха по предложенной нами методике. Этому анализу предшествует оценка начального импульса пыли в момент ее образования. Например, при образовании частиц пыли резанием вращающимся инструментом в формировании начального импульса частиц участвуют центробежная сила, сила трения и давления, под действием которых происходит перемещение частиц. Средняя скорость перемещения элементарного объема частиц может быть рассчитана из условия равновесия этих указанных сил. Для фрезы с двумя режущими кромками и площадью проходного сечения, равной половины площади торца фрезы,

средняя скорость перемещения элементарного объема частиц $v = 4nh/60$, где n – частота вращения фрезы, рад/с; h – расстояние перемещения фрезы по высоте на 1 оборот, м.

При выходе из фрезеруемого отверстия частицы имеют различное направление движения относительно направления аспирируемого потока воздуха, что будет также определять характер изменения траектории частиц. Наиболее неблагоприятным условием требуемого изменения направления их движения является встречное движение по отношению к направлению потока аспирируемого воздуха.

На рис. представлено векторное изображение результирующей скорости движения частиц ($\vec{v}_{\text{окр}} + \vec{v}_{\parallel}$) и скорости аспирируемого потока $\vec{v}$ в системе координат *xyz*. Результирующая скорость ($\vec{v}_{\text{окр}} + \vec{v}_{\parallel}$) определена как сумма проекций на плоскость *x*0*z* векторов скорости $\vec{v}$ и окружной скорости $\vec{v}_{\text{окр}}$, лежащей в плоскости резания и направленной относительно скорости $\vec{v}$ под углом 90º.



Графическое изображение векторов скорости частиц аспирируемого воздуха в лабораторной системе координат (0y – ось вращения фрезы; x0z – плоскость обрабатываемой детали)

В результате взаимодействия потока частиц и аспирируемого воздуха в некоторый момент направление движения частиц изменится на противоположное. Это изменение произойдет в точке, которую можно характеризовать как точку максимальной высоты подъема частицы относительно поверхности резания. Такие точки лежат на поверхности сложного вида, образованной многопараметрическим семейством кривых, и могут быть найдены из условий экстремума по параметрам, участвующим в формировании начальных условий. Допустив, что в процессе движения отсутствует подъемная сила, действующая на частицы пыли, описать их движение возможно следующими уравнениями:

$$m\ddot{x} = -\beta\dot{x}^2 - \beta v_{\text{асп}};$$

$$m\ddot{y} = -\beta\dot{y}^2 - mg,$$

где m – масса частицы; $\beta = 0{,}5\, c_x \rho S$; c_x – коэффициент лобового сопротивления; S – миделево сечение частицы; ρ – плотность воздуха; $v_{\text{асп}}$ – скорость аспирируемого воздуха; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Для решения этой системы уравнений методом вариации постоянных [5] приняты следующие начальные условия:

$$\{x(t), y(t)\}_{t=0} = \{0,0\};$$
$$\{\dot{x}(t), \dot{y}(t)\}_{t=0} = \{v_{0x}, v\sin\varphi_0\},$$

где $v_{0x} = v\cos\varphi_0\cos\psi + v_{\text{окр}}\sin\psi$; φ_0 – угол между направлением потока со скоростью v и проекцией ее на плоскость $x0z$, $v_{\text{окр}}$ – окружная скорость вращения режущего инструмента, м/с; ψ – угол между проекцией вектора $\vec{v}$ на плоскость $x0z$ и осью $0x$.

Время t_m, через которое частица, попадая в аспирируемый поток воздуха, принимает направление его движения, можно определить из выражения:

$$t_m = \frac{m}{\beta v_{\text{асп}}}\operatorname{arctg}\frac{v_{0x}}{v_{\text{асп}}}.$$

После подстановки значения t_m в уравнения траектории движения частиц в проекции на оси координат получается выражения для расчета максимальной высоты подъема частицы от плоскости образования:

$$y_m = \frac{m}{\beta}\left[\ln\left(1 + v_{0y}\sqrt{\frac{\beta}{mg}}\operatorname{tg}\sqrt{\frac{\beta g}{m}t_m}\right) - \frac{1}{2}\ln\left(1 + \operatorname{tg}^2\sqrt{\frac{\beta g}{m}}t_m\right)\right].$$

При решении задачи было принято, что аэродинамическое сопротивление $\beta v_{\text{асп}}^2$, создаваемое взаимодействием аспирируемого потока воздуха и частицы, постоянны по значению во всех фазах ее движения.

С помощью полученных уравнений оцениваются геометрические размеры аспирируемого потока воздуха, что очень важно при выборе конфигурации и размеров аспирационного укрытия. Например, результаты расчета координат максимального удаления частицы от поверхности ее образования, может быть использована для оценки геометрических параметров аспирируемого воздуха, движущегося со скоростью не менее скорости витания частиц, имеющих конкретный фракционный состав.

Другим применением указанных формул является оценка приемлемости используемых или проектируемых конструкций аспирационных укрытий для конкретного оборудования, являющегося источником образования пыли. Так для многошпиндельного оборудования, осуществляющего одновременное фрезерование поверхностей, расчеты показывают нерациональность использования аспирационных укрытий, не исключающих полностью открытые проемы для свободного движения пыли. Как правило, в таких аспирационных укрытиях необходимо создавать поток аспирируемого воздуха в любой точке на высоту до 0,25 м со скоростью 15–25 м/с. Практически формирование такого потока аспирируемого воздуха представляет серьезные технические трудности и требует больших энергетических затрат на эксплуатацию аспирационной установки из-за больших расходов воздуха.

Аналогичный анализ необходим для оценки необходимой скорости аспирируемого воздуха и геометрических размеров его факела в конструкциях укрытий, предусматривающих снижение кинетической энергии частиц до подхода к транспортному воздуховоду. Осуществляемая в этом случае оценка траектории движения частиц при аспирации позволяет принять обоснованные решения по размещению пластин-отражателей, по выбору конфигурации и определению размеров аспирационного укрытия.

Таким образом, предлагаемая методика оценки траектории движения частиц, образующихся в процессе резания, позволяет рассчитывать параметры аспирируемого воздуха, обеспечивающие высокий гигиенический эффект, и обосновать приемлемость конструкций аспирационных укрытий с позиции минимизации энергетических затрат на аспирацию. Кроме того, она дополняет и повышает надежность известных расчетных методов оптимизации аспирационных укрытий, конструкция которых позволяет уменьшить кинетическую энергию частиц пыли в непосредственной близости от зоны образования.

Литература

1. *Милохов В. В.* Способы локализации аэрозолей при фрезеровании древесины / В. В. Милохов, В. В. Цаплин // Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал. – 2016. – № 2(182). – С. 21–27.

2. *Глебов И. Т.* Аспирационные и транспортные системы деревообрабатывающих предприятий / И. Т. Глебов, В. Е. Рысев. – Екатеринбург: Урал.гос. лесотехн. ун-т, 2004. – С. 108–115.

3. *Азаров В. Н.* Об использовании закрутки потока в аспирационных системах на предприятиях строительной индустрии / В. Н. Азаров, Д. П. Боровков // Вестник отделения строительных наук. РААСН. – 2012. – Вып. 16. – Т. 2. – С. 12–17.

4. *Милохов В. В.* Снижение энергетических затрат на аспирацию при фрезеровании древесины / В. В. Милохов, В. В. Цаплин // Актуальные проблемы охраны труда: материалы III Всероссийской научно-методической конференции. – СПб, 2015. – С. 86–90.

5. *Кочин Н. Е.* Теоретическая гидромеханика / Н. Е. Кочин, И. А. Кипель, Н. В. Розе. – М.: Физматгиз, 1963. – С. 237–252.

УДК 331.4

Сергей Николаевич Панов, канд. воен. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Дмитрий Михайлович Цимберов, канд. воен. наук, доцент
(Пермский военный институт внутренних войск МВД России)
E-mail: panovsn-73@yandex.ru, katana6@yandex.ru

Sergei Nikolaevich Panov, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Dmitriy Mikhailovich Tsimberov, PhD of Military Sci., Associate Professor
(Perm Military Institute of Interior Ministry Troops)
E-mail: panovsn-73@yandex.ru katana6@yandex.ru

К ВОПРОСУ ЛОКАЛЬНО-ПРАВОВОЙ ПОЛИТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ТРУДА

ON LOCAL LEGAL POLICY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE IN THE FIELD OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

В работе раскрыты аспекты управления правовой политикой на предприятии, проведен анализ некоторых вопросов, касающихся процесса правового регулирования.

Представлена взаимосвязь между обязанностью работодателя, нормативной базой и государственным вниманием в области охраны труда. Сформулировано предложение, направленное на повышение эффективности по управлению правовой политикой предприятия в области охраны труда. Обращено внимание на деятельность трудовых инспекций по ведению мониторинга состояния условий труда на каждом рабочем месте. Показана важность роли инженера по охране труда по отстаиванию интересов работника предприятия.

Ключевые слова: охрана труда, правовая политика, опасные условия труда, нормативные акты, трудовая инспекция, инженер по охране труда.

The article discusses issues of legal policy at the enterprise and analyzes several problems related to the process of legal regulation.

A correlation between employer's obligations, legal framework and attention of the government to the field of occupational health and safety is represented. A suggestion aimed at increasing efficiency of legal policy management at the enterprise in the field of occupational health and safety has been made. Attention has been drawn to the activity of labor inspections to monitor working conditions at each workplace. The importance of the occupational safety engineer's role in protecting interests of a company employee is demonstrated.

Keywords: occupational health and safety, legal policy, dangerous working conditions, regulations, labor inspection, occupational safety engineer.

В настоящее время очень часто суть правовой политики предприятия в сфере охраны труда, сводится к вопросу руководителя инженеру по охране труда: «Если Вы такой умный, почему снижаете прибыль»?

Работодатели часто не ведут системную деятельность по созданию эффективного механизма, создающего условия, при которых будут соблюдаться интересы субъектов правовых отношений в области охраны труда, что, по мнению Пестовой Т. П., и представляет собой локально-правовая политика [1]. Трудовой кодекс после изменений, внесенных 28.12.2013, возлагает на работодателя «создание и функционирование системы управления охраной труда».

Шугаев А. А. [2] приводит интересный анализ управления правовой политикой в области охраны труда в Германии, где существует стройная система права, которая четко выражает такой признак управления правовой политикой, как реакция в виде стимулов и ограничений, во главе которой стоит национальная конференция по охране труда и Форум по охране труда.

При существующем положении дел в России, закладывается противоречие между обязанностью работодателя управлять процессом создания механизма правового регулирования на своем предприятии (его нормативные акты должны дополнять и уточнять систему охраны труда, установленную в государстве) и тем, что законодатель, создав условия децентрализации правового регулирования в области охраны труда, оставляет многие вопросы на откуп руководству предприятия.

Чтобы управление правовой политикой предприятия в области охраны труда было эффективным, необходимо и в государстве создать соответствующую вертикаль власти. Существующие трудовые инспекции не могут в полном объеме вести мониторинг состояния условий труда на каждом рабочем месте. И здесь не нужно выдумывать все новые надзорные функции, необходимо действующим должностным лицам давать властные полномочия. Инженер по охране труда может быть обеспечен правовым иммунитетом, позволяющим отстаивать интересы работника в рамках действующего законодательства.

Таким образом, в системе управления правовой политикой предприятия должен быть правовой механизм, позволяющий осуществлять не только контроль действия нормативного правового акта, но и его качества. Именно от этих должностных лиц, должны исходить сигналы о необходимости обратить внимание на то, что нет единого документа, которым определены компенсации за работу во вредных и (или) опасных условиях труда, о том, что периоды, в которые работник находился в опасных условиях, но был в качестве обучаемого, должны входить в трудовой стаж и пр.

Для обеспечения правовой политики государства на конкретном предприятии должны быть созданы механизмы, которые не позволят работодателю нарушить трудовые права граждан, даже если он этого бы хотел. Для этого необходимо активней использовать систему страхования профессиональных рисков, при этом мониторинг вредных условий должен осуществляться постоянно, конечно, это должно осуществляться государственной экспертизой условий труда.

Государству недостаточно выдвигать нормативные требования, исполнение на локальном уровне ст. 226 Трудового кодекса не стимулирует к всестороннему обеспечению процесса охраны труда на предприятии.

А с другой стороны, анализ трудового законодательства показывает, что у руководства предприятия прописаны обязанности, которые сложно выполнять, и они просто часто не выполняются.

В целом, современный Трудовой кодекс недостаточно прописал особенности некоторых отраслей промышленности, что привело к тому, что индивидуальные предприниматели практически нигде не платят за вредные условия труда и не делают соответствующие отчисления. При этом узкие вопросы, которые не имеют существенного значения, заложены в нормативный акт столь высокого уровня.

В своей диссертации Исаков Н. В. [3] особо подчеркивает системообразующую функцию правовых актов. В рамках этой функции должны быть созданы подсистемы, какими являются нормативные и индивидуальные акты. Они комплексно оказывают воздействие на общественные отношения в области охраны труда, становясь стержнем правовой политики.

Таким образом, чтобы правовая политика в области охраны труда на предприятии была эффективна, в первую очередь, необходимо создать управление ей на всех уровнях: федеральном, региональном, муниципальном и локальном.

Литература

1. *Пестова Т. П.* Локально-правовая политика: проблемы теории и практики: автореф. дисс. … канд. юрид. наук: 12.00.01 / Т. П. Пестова. – Казань, 2004. –16 с.

2. *Шугаев А. А.* Социальная политика и трудовое право / А. А.Шугаев. – М.: РИЦ ИСПИ РАН, 2004. – 71 с.

3. *Исаков Н. В.* Правовая политика современной России: проблемы теории и практики: автореф. дисс. … д-ра юрид. наук: 12.00.01/ Н. В. Исаков. – Ростов-на-Дону, 2004. – 40 с.

УДК 69.05

Сергей Николаевич Савин, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: savinsn@gmail.com

Sergey Nikolaevich Savin, Dr of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: savinsn@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ ВИБРАЦИЙ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

RESEARCH INTO CAUSES OF INCREASED VIBRATION LEVELS OF BEARING STRUCTURES OF MINING PROCESSING PLANTS

В статье рассмотрены проблемы обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах. Приведен пример использования современных диагностических комплексов для предотвращения возможных обрушений несущих строительных конструкций. Исследовались вибрации перекрытия на горно-обогатительном комбинате в отделении измельчения. Было установлено, что вибрации вызывают резонансные колебания перекрытия из-за ошибок, допущенных при строительстве. Удалось найти ошибочно демонтированную колонну, которая обеспечивала частоту собственных колебаний перекрытия вне диапазона промышленных вибраций. Предлагается проводить предварительный расчет динамических параметров конструкций на объектах, где используются источники вибрации, и осуществлять авторский контроль при строительстве объекта.

Ключевые слова: динамические параметры, диагностический комплекс, промышленная безопасность, резонансные колебания, вибрации, авторский контроль.

The article deals with the problems of industrial safety at dangerous industrial objects. An example of using modern diagnostic suites to prevent the possible collapse of bearing structures is provided. We studied the vibrations of ceilings in the grinding department of a mining processing plant and found that vibrations caused resonance oscillations of the ceiling due to mistakes made during construction. The reason was an erroneously dismantled column which ensured a natural oscillation frequency of ceilings beyond the range of industrial vibration. It is proposed to carry out a preliminary calculation of dynamic parameters of constructions at the objects where vibration sources are used and perform construction supervision.

Keywords: dynamic parameters, diagnostic suite, industrial safety, resonance oscillations, vibrations, construction supervision.

Современные нормативные документы, определяющие правила обследования и мониторинга строительных конструкций зданий и сооружений, рекомендуют использовать динамические параметры, как базовые, для проведения сравнительной оценки состояния объекта [1; 2]. Однако измерение вибраций, анализ их спектрального состава и сам по себе может дать достаточно информации для определения причин разрушения и дефектов, особенно на функционирующих производственных объектах. В этом случае помимо основной задачи решается также задача обеспечения безопасной эксплуатации опасного промышленного объекта [3; 4].

Рассмотрим в качестве примера отделение измельчения главного корпуса Албазинского горно-обогатительного комбината, в котором на перекрытии, выполненном по металлическому каркасу, располагалась установка для разделения измельченной руды на фракции («грохот»), функционирование которой вызывало вибрации большой амплитуды на перекрытиях. Для анализа причины повышенного уровня вибраций была создана динамическая модель перекрытия, собственные частоты колебания которой приведены на рис. 1.

При этом измерения производились при неработающем «грохоте» путем анализа записей датчиков-акселерометров, которые фиксировали отклик в различных частях перекрытия на единичное воздействие, см. рис. 2.

После запуска грохота также были проведены измерения вибраций с оценкой частот колебаний в режиме «разгона» и «рабочих вибраций». Запись вибраций при работе «грохота» в проектном режиме и спектр колебаний приведены на рис. 3 и 4, соответственно.

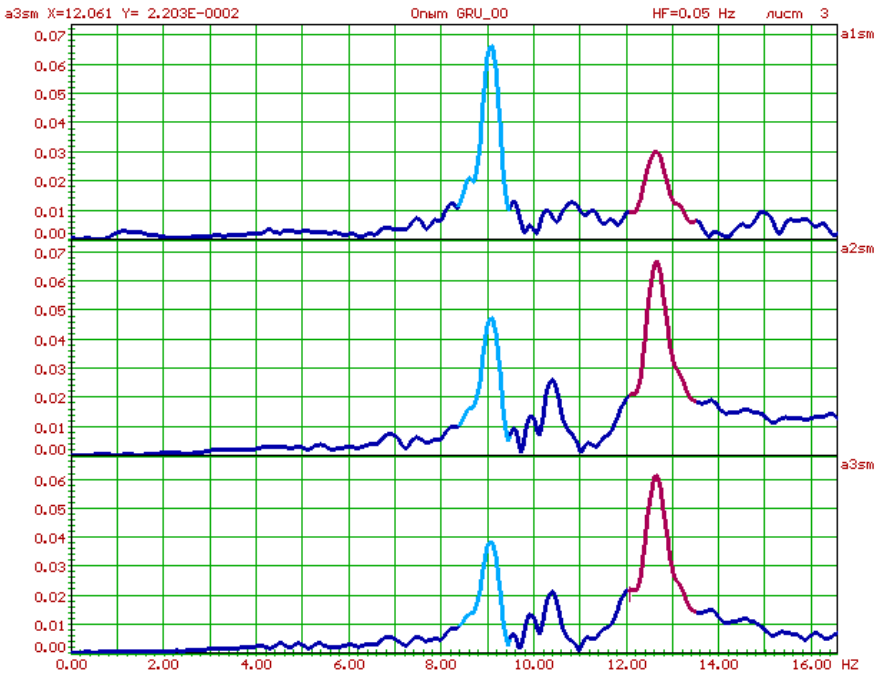


Рис. 1. Амплитудный спектр собственных колебаний перекрытия.
Выделены колебания на частотах 8,2 Гц и 12,6 Гц

Рис. 2. Датчик «А3», установленный на балке пролетом 8 м

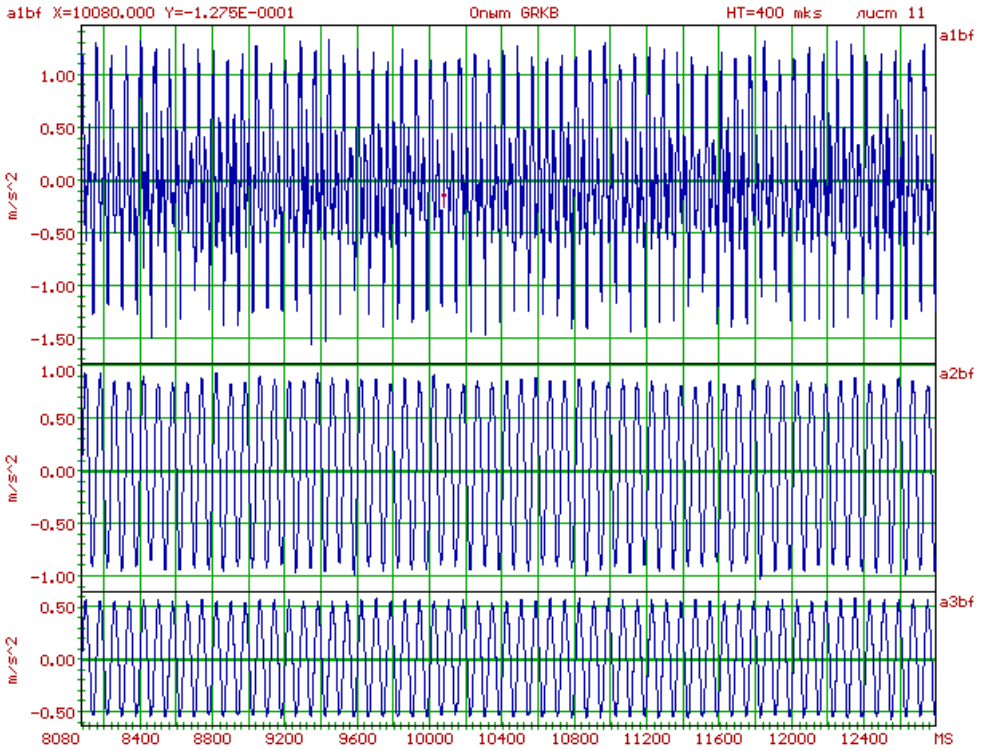


Рис. 3. Запись вибраций при работе «грохота» в проектном режиме

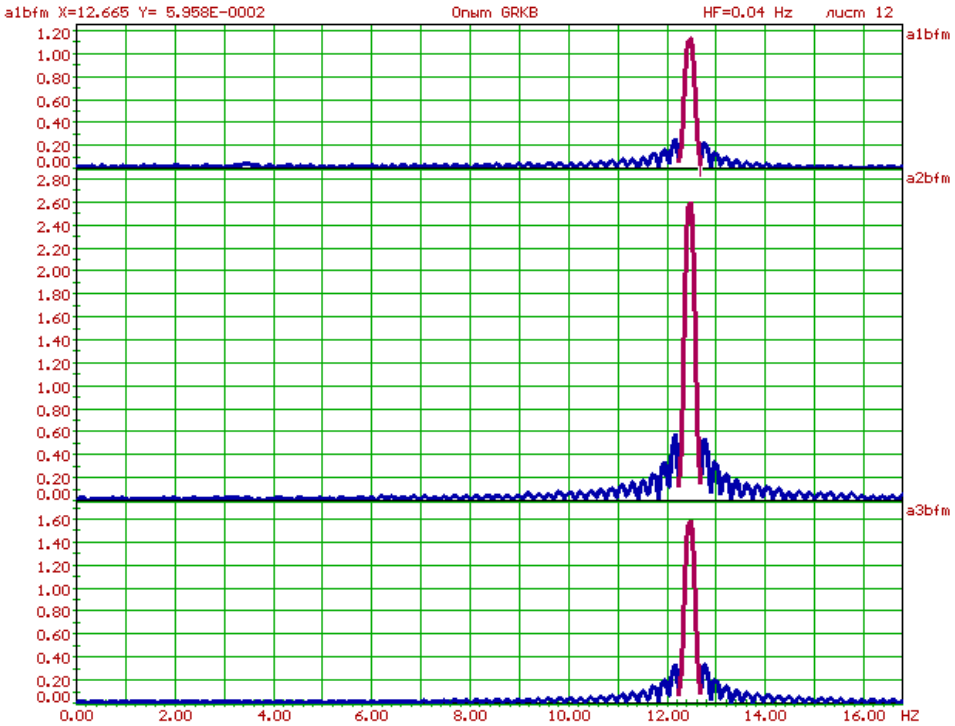


Рис. 4. Проектный режим работы грохота. Амплитудный спектр вибраций. Резонансный пик на частоте 12,47 Гц

Таким образом, было установлено, что при работе «грохота» в проектном режиме частота вибраций вынужденных колебаний перекрытия составляет 12,47 Гц при частоте собственных колебаний (вторая резонансная частота) перекрытия – 12,65 Гц.

Кроме того, при разгоне «грохота» возникают резонансные колебания на частоте 8 Гц – первой частоте собственных колебаний перекрытия.

Анализ динамической модели перекрытия показывает, что значения собственных частот колебаний перекрытий и вынужденной частоты вибраций от «грохота» близки по своим значениям, что и вызывает резонансные колебания части перекрытия.

Кроме того, при проведении экспертизы проектной документации было установлено отсутствие проектной опоры под балкой большого пролета (12 м) в перекрытии, что, в конечном счете, и привело к изменению его динамической модели.

Литература

1. *Савин С. Н.* Сейсмобезопасность зданий и территорий: Учебное пособие / С. Н. Савин, И. Л. Данилов. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 240 с.

2. *Савин С. Н.* Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778-2010 / С. Н. Савин, С. В. Демишин, И. В. Ситников // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 7. – С. 33–39.

3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон № 116-ФЗ от 21.07.1997. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_15234/ (дата обращения: 25.03.2016).

4. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 // Строительная газета. – 2010. – №№ 3, 4, 5.

УДК 502.7:7256711.4,658.518

Елена Эдуардовна Смирнова, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: esmirnovae@yandex.ru

Elena Eduardovna Smirnova, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: esmirnovae@yandex.ru

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЛИГОНА «КРАСНЫЙ БОР» – ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

RECULTIVATION OF THE KRASNY BOR LANFDILL FOR ECOLOGICAL SAFETY OF SAINT PETERSBURG

В статье рассматривается проблема экологической безопасности региона Санкт-Петербург и ее обеспечение. Она заключается в присутствии рядом с городом места захоронения жидких, токсичных отходов «Красный Бор». Прорванная дамба полигона приведет к тому, что попадут ядовитые вещества в зону отбора воды для Санкт-Петербурга. Попадание в Неву, которая является рекой питьевого значения, ядовитых веществ для города-пятимиллионника, как Санкт-Петербург, будет экологической катастрофой. Предлагается разместить мобильный технопарк в месте захоронения отходов и смонтировать завод для переработки отходов, произвести восстановление карт и экологический мониторинг. Полная переработка, а не закапывание, находящихся и сливаемых вновь жидких токсичных отходов избавит Санкт-Петербург от «химического Чернобыля» и поможет в обеспечении экологической безопасности региона.

Ключевые слова: экологическая безопасность, полигон «Красный Бор», утилизация, рекультивация, экологический мониторинг, жидкие токсичные отходы.

The article discusses issues of ecological safety of Saint Petersburg region and its provision. The main problem is related to the fact that liquid toxic waste is deposited in close proximity to the city in the place called “Krasny Bor”. The broken dam of the landfill will lead to toxic substances’ entering the water withdrawal area of Saint Petersburg. If toxic substances enter the Neva River, from which the drinking water is withdrawn, this will mean environmental disaster for five million people living in Saint Petersburg. It is suggested to locate a mobile technology park at the landfill, install a plant for waste processing and conduct restoration of maps and environmental monitoring. Full processing instead of burying of the present and newly deposited liquid toxic waste will free Saint Petersburg from a “chemical Chernobyl” and will help ensure ecological safety of the region.

Keywords: ecological safety, “Krasny Bor” landfill, waste disposal, recultivation, environmental monitoring, liquid toxic waste.

«Красный Бор» – место (полигон) для переработки токсичных отходов, результатов работы медицинских, химических, промышленных предприятий города находится в 30 километрах от Санкт-Петербурга. Полигон имеет с площадь около 73 гектар.

Концентрация в Санкт-Петербурге и Ленинградской области большого числа производств промышленности послужила, в свое время, основанием для создания в регионе предприятия утилизации токсичных отходов промышленности. Полигон эксплуатируется с 1969 г. и расположен от МО Колпино в 5 километрах.

При строительстве исходили из того, что полигон удовлетворяет трем основным требованиям:

1. Территория не затапливается водами паводков.
2. Отсутствуют водоносные горизонты и водоемы, применяемые для водоснабжения.
3. Близкое залегание используемых для захоронения глин кембрийского периода, толщиной около 70 м, достаточно водоупорных.

Принимается неорганика и органика с учетом ее состава и агрегатной структуры в карты – котлованы, находящиеся в глубине кембрийских глин. В картах, согласно утвержденному Техническому регламенту, жидкие отходы проходят обезвреживание методом каскада. В неорганику входят остатки гальваники, бумажной и полиграфической промышленности, имеет место минеральная составляющая. В отдельную карту принимается органика, которая копится у дна котлована [1].

Для блокирования поверхностных вод с территории, которая прилегает к полигону, по внешнему контуру территории ГУПП «Полигон «Красный Бор» проходит кольцевой канал. За время использования полигона (в 1990 гг.) обнаружилось, что глины кембрийского периода, якобы непроницаемые, имеют каверны и то, что находится в полигонных бассейнах, попадает в реку Б. Ижорка, а при строительстве площадки и при ее эксплуатировании имелись серьезные недоработки и ряд нарушений.

Карты полигона не имеют защиты от осадков из атмосферы, постоянно пополняется их уровень из-за отходов, продолжающих прибывать, и при выпадающих снеге и дождях. Для того чтобы содержимое карт не переливалось через край, они по периметру обвалованы глиной. В итоге их граница поднялась на 5–7 метров над природным ватерпасом почвы.

Согласно СНИП: «размер участка захоронения токсичных отходов устанавливается из срока накопления 20–25лет» [2]. «Красный Бор» работает уже 45лет [2]. «Объем карты должен обеспечивать прием отходов на захоронение не более 2 лет» [2]. Карты являются ровесницами площадки переработки [2].

Так, сейчас в Большой Ижорке, в районе города Колпино (куда поступают с территории полигона «Красный Бор» сточные воды) наблюдаются повышенные значения загрязняющих веществ в следующих концентрациях: нитритов (4,0 ПДК рыбох.), ХПК (превышение составляет 3,1 ПДК сан. гиг) нефтепродуктов (2,4 ПДК рыбох.), фенола (10,9 ПДК рыбох.), алюминия (9,3 ПДК рыбох.), железа (23 ПДК рыбох.), марганца (9,7 ПДК рыбох.), никеля (2,9 ПДК рыбох.), ртути (3,1 ПДКрыбох.), изопропилового спирта (3,6 ПДКрыбох.) [3; 4].

К сожалению, река Б. Ижорка связана с водосистемой реки Нева и впадает в нее выше водозабора региона Санкт-Петербург, подвергая его экологическую безопасность постоянной угрозе. Если пройдут сильные и долгие ливни или будет иметь место высокий паводок, то дамбы обваловки размоются (последний прорыв произошел 10.03.2016). В этом случае содержимое карт через 6 часов обязательно попадет в реку Нева, что означает попадание в реку питьевого значения ядов высших классов опасности. Для пятимиллионного Санкт-Петербурга проникновение в реку, являющуюся источником питьевой воды, супертоксичных веществ – это экологическая катастрофа.

Уже в 1993 г. проблема приобрела статус международной.

В границах самого полигона, который несколько раз закрывали, уже не осталось места для строительства новых карт.

Очевидно, что дальнейшее захоронение жидких токсичных отходов невозможно – нужна переработка до полной утилизации, а также необходима рекультивация уже не используемых карт.

В северной части полигона еще остался небольшой участок земли, который не был использован под карты для закапывания вышеупомянутых отходов. Это место могло бы быть использовано либо под экспериментальное предприятие, либо под мобильный технопарк. Предприятие, по современным технологиям, будет перерабатывать составляющие бассейнов (биологическими и физико-химическими методами), рекультивировать старые карты и проводить современный высокотехничный мониторинг наличных условий по следующим подсистемам:

- атмосферный воздух;
- водные объекты;
- почва;
- опасные экзогенные геологические процессы и гидрологические явления;
- биологические компоненты;
- радиационная обстановка.

Мобильный технопарк поможет в кратчайшие сроки рекультивировать содержимое двух открытых карт. Целесообразно использование сборных печей российского производ-

ства специального назначения и вспомогательных систем установок по разложению отходов термическим способом с очисткой от грязных ингредиентов и дальнейшим применением отходящих газов [5].

Поскольку сложно даже предположить, какова химическая составляющая реакций, протекающих в каждой карте, то другой альтернативы нет.

Полная переработка, а не захоронение, имеющихся и вновь поступающих жидких токсичных отходов избавит Санкт-Петербург от «химического Чернобыля» и обеспечит экологическую безопасность региона.

Литература

1. *Смирнова Е. Э.* Экологические основы природопользования / Е. Э. Смирнова. – Санкт-Петербург: Изд-во «Ютас», 2006. – 120 с.

2. *Алхименко А. П.* Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в строительстве / А. П. Алхименко, Ю. С. Хаутиев, В. Ю. Цветков. – Санкт-Петербург: Изд-во «Лема», 2007. – 128 с.

3. Администрация Ленинградской области: официальный сайт. – URL: http://www.lenobl.ru/ (дата обращения: 15.03.2016).

4. Комитет по природным ресурсам Ленинградской области: страница организации на официальном сайте Администрации Ленинградской области. – URL: http://www.nature.lenobl.ru/ (дата обращения: 15.03.2016).

5. *Кофман Д. И.* Термическое уничтожение и обезвреживание отходов / Д. И. Кофман, М. М. Востриков. – Санкт-Петербург: Изд-во НПО «Профессионал», 2013. – 340 с.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

УДК 658.382.3:621.3

Борис Николаевич Воронков, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: voronkov.b.n@lan.spbgasu.ru

Boris Nikolaevich Voronkov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: voronkov.b.n@lan.spbgasu.ru

ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЗДАНИЙ

EARTH GROUNDING OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF BUILDINGS

В работе изложены проблемы электробезопасности и защиты человека от попадания под электрическое напряжение. Представлены допустимые значения электрического тока через тело человека при различных напряжениях и длительности воздействия. Рассмотрены различные способы естественного и искусственного заземления электрооборудования зданий и сооружений. В частности, затронут достаточно новый метод заземления – с помощью глубинных вертикальных заземлителей, представлены особенности применения и преимущества данного метода. Произведен анализ технических параметров современных устройств заземления с целью выбора оптимального способа заземления в зависимости от параметров электрооборудования и свойств грунта.

Ключевые слова: защитное заземление, заземлитель, электрооборудование зданий, безопасность человека, глубинный заземлитель.

The study discusses issues of electrical safety and voltage protection of humans. Admissible values of electrical current that may move through the human's body are given for various voltages and duration of exposure. Different ways of natural and artificial earth grounding of electrical equipment of buildings and constructions are reviewed. In particular, a new method of earth grounding by means of deep vertical earth grounding devices is considered. Peculiarities of this method and advantages of its application are described. An analysis of technical parameters of modern earth grounding devices has been conducted in order to choose an optimum way of earth grounding depending on parameters of electrical equipment and soil properties.

Keywords: earth grounding, earth grounding device, electrical equipment of buildings, human safety, deep earth grounding device.

Главная задача заземления электрооборудования – обеспечить безопасность человека при контакте с электропроводящими частями электроустановок. С этой целью оболочки и другие элементы электрооборудования, которые в нормальном режиме не находятся под электрическим напряжением, но могут оказаться под ним, например, при повреждении изоляции, преднамеренно соединяются с землей.

Следует отметить, что количество травм от попадания под электрическое напряжение сравнительно невелико и составляет 0,5 … 1 % от их общего количества. Но число смертельных случаев достигает 20 … 40 %, а в энергетике 60 %, т. е. больше, чем по остальным причинам. Причем из всех летальных исходов 75–80 % гибели людей приходится на попадание под напряжение электроустановок до 1000 В.

В ряде промышленно развитых стран предельным током через тело человека принято считать такой, выше которого может наступить вентрикулярная фибрилляция сердца, т. е. беспорядочные сокращения сердечной мышцы, приводящие к прекращению выполнения им функции основного насоса для перекачки крови. Если эта дисфункция сердца появилась, то она не исчезает после снятия электрического напряжения и тока и приводит к летальному исходу.

Величина тока, вызывающего фибрилляцию сердца, связана как с величиной напряжения питания электроустановки, так и продолжительностью действия тока. В таблице даны предельно допустимые значения переменного тока частотой 50 Гц, связанные с величиной напряжения и длительностью воздействия [1].

Таблица

Предельно допустимые для человека значения переменного тока частотой 50 Гц

Нормируемая величина	Длительность воздействия тока, с							
	0,01…0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	1,0	1…5
Ток, мА	650	500	250	125	100	70	50	36
Напряжение, В	650	500	250	125	100	70	50	36

Анализ таблицы показывает, что расчетные значения тока для каждого из указанных напряжений прикосновения получены из условия, что величина электрического сопротивления человека принята равной 1000 Ом. В электрическую цепь тела человека входят: сопротивление кожи, электрическое сопротивление подошв обуви и переходное сопротивление от обуви к поверхностному слою земли или полу. Эти значения могут меняться в больших пределах в зависимости от увлажнения каждой из составляющих. Например, сопротивление сухой кожи составляет около 80 тыс. Ом, а распаренной – 500 Ом. При неблагоприятных условиях: в случае отсыревшей обуви, мокрой земли или пропитанных водой бетонных полах и влажной коже человека его суммарное сопротивление считают равным 1000 Ом.

Напряжение прикосновения в электроустановках с напряжением питания 380 В принимается равным 250 В, а в установках на 220 В – равным 125 В. Допустимое время воздействия тока на человека составляет 0,2 с и 0,4 с соответственно. Исходя из этих значений, выбирается время полного отключения защитной аппаратуры электрических сетей.

Назначение заземления – создать между электропроводящей частью электрооборудования и землей соединение, которое при касании человеком электроустановки не позволит проходящему через его тело току достигнуть опасного для жизни значения. С этой целью корпуса электрооборудования соединяются с естественными и (или) искусственными заземлителями.

К естественным заземлителям относятся электропроводящие строительные конструкции, находящиеся в соприкосновении с землей: фундаменты зданий, рельсы, свинцовые оболочки кабелей и т. п.

Искусственные заземлители [2] используются в том случае, если естественные заземлители не могут полностью выполнить задачу безопасности. Искусственные заземлители выполняются в виде вертикальных, горизонтальных и комбинированных элементов, представляющих металлические стержни круглого сечения, полосы прямоугольного сечения, уголки. Круглые и прямоугольные пластины, металлические полусферы, кольца и т. п. элементы применяются редко из-за усложненной конструкции и укладки, а также недолговечности при толщине меньше 5 мм. В качестве материала искусственных заземлителей по экономическим соображениям обычно применяют сталь.

Следует отметить, что рекомендуемые до сих пор в последнем издании Правил устройства электроустановок [3] вертикальные заземлители в виде стальных уголков 40×40×40 мм не выполняют своей задачи из-за ограниченного срока службы, связанного с коррозией стали. Целесообразнее применять стальные стержни круглого сечения диаметром от 10 мм до 16 мм в зависимости от коррозионной активности грунта. В качестве горизонтальных искусственных заземлителей рекомендуется применять сталь круглого сечения аналогичных с вертикальными заземлителями размеров, но допустимо использование традиционной стальной полосы.

Заметим, что полосовые электроды надо укладывать в землю на ребро (вертикально), а не плашмя, чтобы сохранять контакт металла с землей в случае ее осадки.

Сравнительно быстрая коррозия стальных заземлителей в грунте заставила искать пути их защиты. По аналогии с защитой водопроводных труб пробовали покрывать заземлители цинком, но покрытие оказалось недолговечным. Это обстоятельство можно объяснить наличием гальванопары между цинком и стальными конструкциями здания. Возникающая гальвано-ЭДС создавала ток, который вымывал цинковое покрытие, и коррозия поражала незащищенную сталь. В 2005 г. в Польше были произведены испытания долговечности цинковых и медных покрытий заземляющих электродов. Оказалось, что медное электролитическое покрытие увеличивает срок жизни заземлителей в агрессивных грунтах и при наличии блуждающих токов в земле в 5 раз в сравнении с цинковым и в 10 раз в сравнении со случаем, когда вообще не используется покрытие стальных электродов.

Сравнительно недавно нашли практическое применение глубинные вертикальные заземлители. Напомним, что Правилами устройства электроустановок электрическое сопротивление системы заземления не должно превышать 4 Ом, что для сухих грунтов достаточно сложно обеспечить. С помощью же одного глубинного заземлителя можно получить сопротивление 0,5 … 3 Ом. При этом величина сопротивления почти не зависит от сезонных изменений влажности грунта. Кроме того, значительно уменьшается объем земляных работ и необходимое рабочее пространство для монтажных работ. Глубинный заземлитель обычно составляется из стальных стержней круглого сечения диаметром 14…17 мм и длиной от 1,2 до 3 м с резьбой по концам, которые соединяются латунными муфтами. Стержни погружаются в грунт ручным электрическим отбойным молотком с насадкой SDS max. После погружения первого стержня к нему привинчивается другой, и операция погружения продолжается до достижения заданной глубины. Высокая механическая прочность стержней позволяет обеспечить погружение до 30 м. Но из-за наличия в Ленинградской области скальных грунтов приходится ограничиваться глубиной около 15 м. Для защиты от коррозии стальные стержни имеют медное электрохимическое покрытие толщиной 0,25 мм. Гарантированный срок службы – не менее 40 лет.

Вывод. Проблема безопасности и сохранение жизни человека при случайном контакте с электропроводящими частями электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением, в значительной степени решается правильным выбором системы заземления. Проведенный анализ технических параметров заземлителей способствует решению этой задачи.

Литература

1. *Долин П. А*. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
2. ГОСТ Р 50571.5.54–2011. Электрические установки низковольтные. Ч. 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов / Ростехнадзор. – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
3. Правила устройства электроустановок / Министерство энергетики РФ. – 6-е и 7-е издания. – СПб.: ДЕАН, 2014. – 1168 с.

УДК 621.314

Оксана Сергеевна Дмитриева, канд. техн. наук, доцент
(Казанский национальный исследовательский технологический университет)
E-mail: ja_deva@mail.ru

Oksana Sergeevna Dmitrieva, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Kazan National Research Technological University)
E-mail: ja_deva@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

DEVELOPMENT OF THE COOLING SYSTEM FOR TRANSFORMERS, USING THERMOELECTRIC CONVERTERS

В настоящее время необходимость замены существующих трансформаторов становится все более актуальной задачей. Одной из основных причин является их изношенность, при этом эксплуатация сопровождается большими потерями. Предельный срок эксплуатации трансформаторов составляет 45 лет. Для экономии материальных и энергетических ресурсов в промышленности и энергетике предложено устройство, которое интегрируется в действующую систему охлаждения трансформатора без демонтажа отдельных элементов оборудования. Представлено теоретическое обоснование взаимодействия потоков газа и жидкости в предлагаемом устройстве. Сделаны выводы об эффективности применения термоэлектрических модулей.

Ключевые слова: охлаждение, трансформатор, термоэлектрический эффект, теплообмен, энергосбережение.

Presently, the necessity to substitute the existing transformers is becoming more and more crucial. One of the main reasons is their degree of wear. At the same time, their operation is followed by significant losses. The maximum period for operation of transformers is 45 years. To save material and energy resources in the manufacturing and energy sectors, a machine has been suggested that can be integrated into the operating transformer cooling system and does not require disassembly of separate parts of the equipment. Theoretical justification of interaction between the flows of gas and liquid in the suggested machine has been provided. Conclusions about the efficiency of application of thermoelectric modules have been made.

Keywords: cooling, transformer, thermoelectric effect, heat exchange, energy conservation.

Большая часть эксплуатируемых трансформаторов имеет срок эксплуатации свыше 30 лет, при этом предельный срок эксплуатации трансформаторов оценивается равным 45 годам. Повышение эффективности охлаждения силовых масляных трансформаторов, которые отработали нормативный срок службы, установленный заводами-изготовителями, является актуальной задачей и производится с целью интенсификации технологических процессов в промышленности, а также энерго- и ресурсосбережения. Однако несмотря на проводимые плановые замены трансформаторов из-за финансовых ограничений происходит дальнейшее увеличение «возраста» парка трансформаторов. При этом существующие системы охлаждения силовых масляных трансформаторов не обеспечивают эффективный отвод тепла от токоведущих элементов при кратковременных существенных перегрузках, чем значительно снижают их надёжность [1; 2]. Возможным способом увеличения мощности работающего оборудования является организация более интенсивного отвода тепла. Причем характеристики системы охлаждения в значительной степени опре-

деляют эксплуатационные расходы на трансформатор. Однако существующие способы не всегда эффективны, достаточно сложны и дорогостоящи. В связи с этим разработка компактных устройств для охлаждения трансформаторов, работа которых основана на более эффективных принципах передачи тепла, позволит увеличить нагрузку на них при относительно небольших экономических затратах.

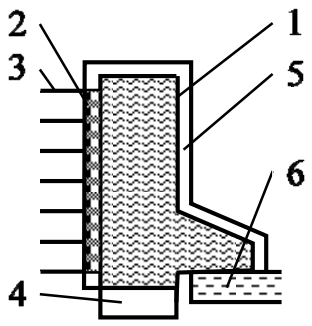


Рис. 1. Принципиальная схема устройства, дополняющего систему охлаждения трансформатора:
1 – корпус устройства, 2 – термоэлектрические модули, 3 – теплоотводящие ребра, 4 – опора, 5 – теплоизоляция, 6 – элемент существующей системы охлаждения трансформатора

Для решения поставленной задачи авторами в работе [3] предложена конструкция устройства (рис. 1), которое возможно интегрировать в действующую систему охлаждения трансформатора без демонтажа отдельных элементов оборудования. В данной работе рассматривается механизм увеличения теплового потока путем создания более высокой разницы температур между охлаждаемой поверхностью и окружающим воздухом, что обеспечивается путем монтажа на поверхности охлаждающих ребер трансформатора каскада из полупроводниковых термоэлектрических модулей, представляющих собой элементы Пельтье, холодные поверхности которых являются генератором холода и используются для охлаждения жидкости, а горячие поверхности снабжены системой отвода тепла. Режим и характеристики работы термоэлектрических модулей зависят от теплофизических и термоэлектрических свойств материала, длины и сечения ветвей, рабочего температурного диапазона, плотности электрического тока или напряжения питания [4].

Разработанное устройство работает следующим образом. Нагретая жидкость поступает из верхней части бака трансформатора через патрубок в верхний горизонтальный коллектор, откуда попадает в охлаждающие трубы. При охлаждении жидкости ее плотность увеличивается, и она, опускаясь по трубам вниз, попадает в нижний горизонтальный коллектор, верхняя стенка которого является поверхностью теплопередачи от охлажденной жидкости, находящейся внутри емкости. Теплопередающая поверхность емкости обеспечивает наиболее равномерное охлаждение жидкости, находящейся в нижнем горизонтальном коллекторе. Охлаждение жидкости в емкости происходит от холодной стороны термоэлектрических модулей, прикрепленных к одной из ее стенок, при этом естественная циркуляция жидкости обеспечивается за счет разности плотностей нагретых и охлажденных объемов жидкости. Для максимального сохранения холода устройство имеет тепловую изоляцию, кроме стенки с прикрепленными термоэлектрическими модулями. Достаточный отвод тепла в окружающую среду с горячей стороны термоэлектрических модулей обеспечивают теплоотводящие ребра. Таким образом, дополнительно охлажденная жидкость по патрубку поступает в нижнюю часть бака трансформатора. Достоинством устройства является то, что оно может эффективно работать при достаточно высоких температурах окружающего воздуха. Принятая при конструировании трансформатора система охлаждения должна обеспечивать ограничение температуры обмоток на уровне 65 °С, поверхности магнитопровода и конструктивных элементов – 75 °С, масла в верхних слоях – 60 °С, что необходимо контролировать в эксплуатации в соответствии с требованиями ГОСТ 11677-85.

По предварительной оценке, применение термоэлектрических модулей для повышения эффективности теплоотдачи позволит сократить время охлаждения; возможно форсировать существующее электрооборудование; использовать оборудование как дополнительный источник электродвижущей силы в зимний период времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-5215.2016.8.

Литература

1. *Хисматуллин А. С.* Повышение эффективности системы охлаждения мощных силовых трансформаторов / А. С. Хисматуллин, А. Р. Камалов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6. – С. 316–319.

2. *Ларин В. С.* Мировые тенденции развития трансформаторного оборудования (по итогам 45-й сессии СИГРЭ) / В. С. Ларин // Электричество. – 2015. – № 8. – С. 20–26.

3. *Дмитриев А. В.* Применение термоэлектрического эффекта для увеличения интенсивности охлаждения электрооборудования. / А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, И. И. Валиев // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 20. – С. 70–72.

4. *Vasil'ev E. N.* Mathematical Model for the Calculation of the Characteristics of the Cooling Thermoelectric Modules / E. N. Vasil'ev // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2015. – № 8. – P. 1017–1023.

УДК 62.52:621.9.06

Александр Евгеньевич Епишкин, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: epishkin@mail.ru

Aleksandr Evgenievich Epishkin, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: epishkin@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХРОТОРНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ СО СКРЕЩЕННЫМИ ДЕБАЛАНСАМИ

STUDY OF THE DYNAMICS OF A TWO-ROTOR VIBRATION MACHINE WITH CROSSED ECCENTRIC WEIGHTS

В статье рассмотрена динамика работы и системы стабилизации колебаний для экспериментальной двухроторной вибрационной установки со скрещенным расположением дебалансных роторов при изменении нагрузки на виброплатформу.

Выполнено построение кинематической схемы с математическим описанием, системы управления исследуемой виброустановки, оптимизация динамики электромеханической системы с применением систем подчиненного регулирования и наложенного управления и имитационное моделирование предлагаемого варианта. Результаты исследований в виде графиков переходных процессов при возмущающем воздействии, полученных с помощью имитационного моделирования, подтверждают правильность предлагаемых решений.

Ключевые слова: вибрационные установки, электромеханические системы, математические модели, синтез законов управления, управление параметрами колебаний, наложенное управление.

The article reviews the dynamics of performance and the oscillation stabilization system of an experimental two-rotor vibration machine with crossed location of unbalanced-mass rotors upon changing of the load on the vibrating plate.

A kinematic diagram with a mathematical description, a controlling system for the studied vibration machine, optimization of dynamics of the electromechanical system using subordinate control systems and superimposed control, as well as simulation of the suggested option have been developed. The study results presented as transient curves upon disturbance, received by means of simulation prove the correctness of the suggested solutions.

Keywords: vibration machines, electromechanical systems, mathematical models, control law synthesis, oscillation parameters' control, superimposed control.

Электромеханические вибрационные установки (ВУ) широко применяются в строительстве и в ряде отраслей промышленности [1]. Одним из путей их развития является применение новых кинематических структур со специальными алгоритмами управления.

В данной статье рассматривается двухроторная электромеханическая ВУ со скрещенным расположением дебалансных роторов. В отличие от классической соосной двухроторной ВУ, она позволяет получить линейные колебания по всем трем координатам, при этом угловые колебания будут практически отсутствовать.

Расчетные кинематические схемы двухроторного вибростенда показаны на рис. 1, где $m_Б$, $\rho_Б$, $\varphi_{Бi}$, F_i – массы, радиусы инерции, углы поворота и вынуждающие силы деба-

лансного ротора (ДР); $m_П$, $x_П$, $y_П$, $z_П$ – масса и линейные перемещения платформы (П); c, b – жёсткость и внутреннее демпфирование пружинных виброизоляторов (ПВ). Оси ДР расположены по координатам X и Y так, что ротор 1 генерирует колебания в плоскости XZ, а ротор 2 – в плоскости YZ.

Управляя скоростью и взаимным расположением дебалансов, можно получить спектр пространственных колебаний виброплатформы [2]. Минимальные амплитуды колебаний по основной координате y могут приближаться к нулю, а максимальные амплитуды – к удвоенным значениям по отношению к одноротorным виброустановкам. При этом колебания $y_{Пmin} = 0$ при противофазном и $y_{Пmax} = z_{Пmax} + x_{Пmax}$ при синфазном движении роторов, при условии одинаковой жесткости пружин по всем координатам. Значения $z_{Пmin}$, $x_{Пmin}$ будут зависеть от скорости вращения ДР. Вывод уравнений динамики и построение имитационной модели происходит аналогично моделям, рассмотренным в [2]. Кроме того, данная схема позволит при разгоне в зарезонансную область проходить эффект Зоммерфельда по координате Y за счет противофазного вращения роторов.

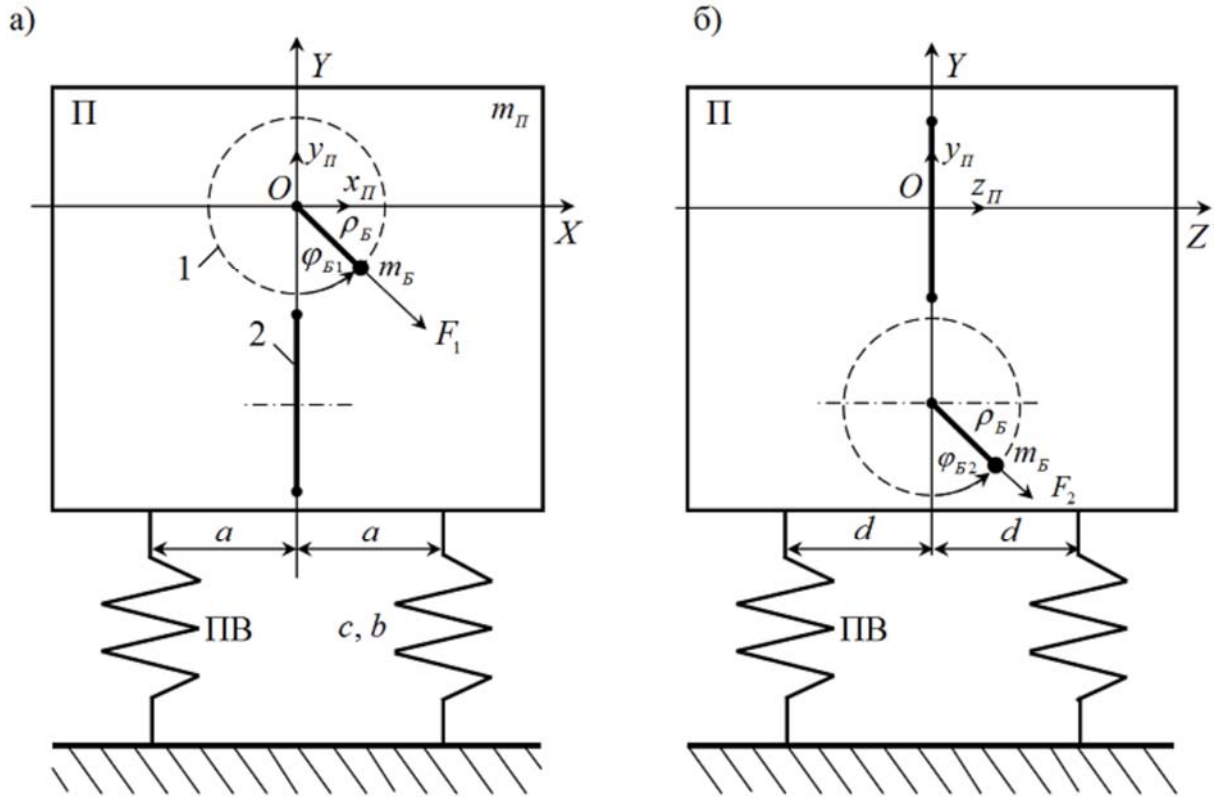


Рис. 1. Кинематическая схема исследуемой ВУ

Запишем уравнения динамики механической системы.

Уравнение поступательного перемещения по оси Y

$$m_0\ddot{y}_П + b_Y\dot{y}_П + c_Y y_П + m_0 g = F_{1Y} + F_{2Y}, \quad (1)$$

где F_{1Y}, F_{2Y} – проекции сил F_1 и F_2 на ось Y; $m_0 = m_П + 2m_Б$ – общая масса платформы с дебалансами; $m_0 g$ – сила тяжести платформы; $F_{1Y} = m_Б\rho_Б(\ddot{\varphi}_{Б1}\sin\varphi_{Б1} - \dot{\varphi}^2_{Б1}\cos\varphi_{Б1})$; $F_{2Y} = m_Б\rho_Б(\ddot{\varphi}_{Б2}\sin\varphi_{Б2} - \dot{\varphi}^2_{Б2}\cos\varphi_{Б2})$, причем 1-я составляющая учитывает тангенциальную силу, а 2-я составляющая – центробежную силу.

Уравнение поступательного перемещения платформы по оси Z

$$m_0\ddot{z}_П + b_Z\dot{z}_П + c_Z z_П = F_{2Z}, \quad (2)$$

где $F_{2Z} = m_{\text{Б}}\rho_{\text{Б}}(\ddot{\varphi}_{\text{Б}2}\cos\varphi_{\text{Б}2} + \dot{\varphi}^2_{\text{Б}2}\sin\varphi_{\text{Б}2})$.

Уравнение поступательного перемещения платформы по оси X

$$m_0\ddot{x}_{\text{П}} + b_X\dot{x}_{\text{П}} + c_X x_{\text{П}} = F_{1X}, \qquad (3)$$

где $F_{1X} = m_{\text{Б}}\rho_{\text{Б}}(\ddot{\varphi}_{\text{Б}1}\cos\varphi_{\text{Б}1} + \dot{\varphi}^2_{\text{Б}1}\sin\varphi_{\text{Б}1})$.

Уравнения движения дебалансных роторов

$$J_i\ddot{\varphi}_{\text{Б}i} = M_{\text{Д}i} - M_{\text{С}i} - M_{\text{Б}i}, \quad i = 1, 2, \qquad (4)$$

где $J_i = J_{\text{Б}i} + m_{\text{Б}}\rho^2_{\text{Б}}$ – моменты инерции дебалансов, приведенные к валам двигателей; $J_{\text{Б}i}$ – центральные моменты инерции дебалансов относительно собственных осей; $M_{\text{Д}i}$ – моменты приводных электродвигателей; $M_{\text{С}i}$ – моменты сопротивления ДР вследствие сухого и вязкого трения; $M_{\text{Б}i}$ – гармонические моменты сопротивления дебалансов, обусловленные их пространственным положением и реакцией платформы, причем:

$$M_{\text{Б}1} = m_{\text{Б}}\rho_{\text{Б}}(\ddot{y}_{\text{П}}\sin\varphi_{\text{Б}1} + \ddot{x}_{\text{П}}\cos\varphi_{\text{Б}1} + g\sin\varphi_{\text{Б}1});$$

$$M_{\text{Б}2} = m_{\text{Б}}\rho_{\text{Б}}(\ddot{y}_{\text{П}}\sin\varphi_{\text{Б}2} + \ddot{z}_{\text{П}}\cos\varphi_{\text{Б}2} + g\sin\varphi_{\text{Б}2}).$$

На основе уравнений (1) – (4) можно построить динамическую структурную схему (ДСС) механической части двухроторной виброустановки со скрещенными роторами (рис. 2), где выделены основные модули ДСС – дебалансные роторы и сепаратные модели в координатных осях X, Y, Z. Выходными параметрами системы являются соответствующие движения платформы $x_{\text{П}}$, $y_{\text{П}}$, $z_{\text{П}}$.

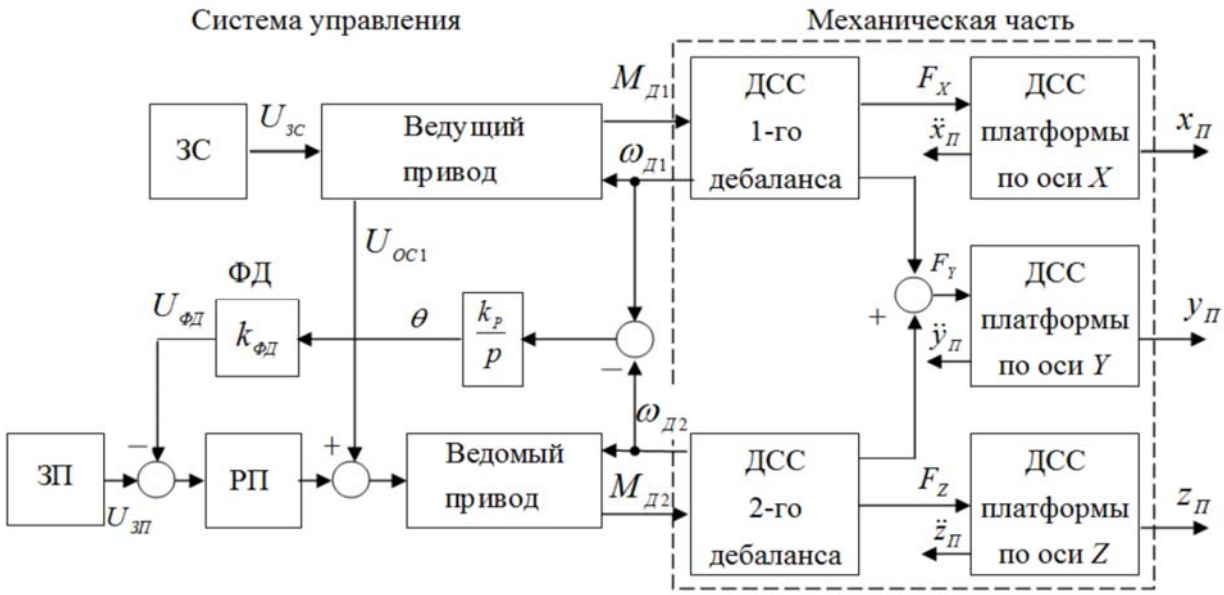


Рис. 2. Динамическая структурная схема двухроторной ВУ

При построении системы электропривода (СЭП) двухроторной ВУ, использована разработанная ранее концепция построения взаимосвязанной СЭП многороторных ВУ, которая для двухроторной ВУ состоит в выборе 1-го привода в качестве ведущего, регулируемого по скорости (САРС) с контурами тока и скорости, а 2-го привода – как ведомого, регулируемых по положению относительно 1-го привода, с контурами тока, скорости и положения (САРП) [2].

Предлагаемый способ управления и стабилизации амплитуды колебаний виброплатформы заключается в регулировании угла рассогласования фаз двух дебалансов θ. Предлагаемая система управления вместе с механической частью представлена на рис. 2, где ЗС – задание скорости; ЗП – задатчик положения; ФД – фазовый дискриминатор, вы-

числяющий угол между двигателями $\theta = \omega_{Д1} - \omega_{Д2}$; РП – регулятор положения. Выходы $\ddot{x}_П$, $\ddot{y}_П$, $\ddot{z}_П$ из динамических структурных схем (ДСС) платформ в модели учитывают влияние платформы на моменты дебалансов $M_{Бi}$.

Имитационное моделирование работы предлагаемой системы проведено в среде MATLAB Simulink. Получены колебания платформы по осям *X*, *Y*, *Z* без системы стабилизации при ступенчатом увеличении нагрузки и при плавном её изменении. Из результатов видно, что нагрузка достаточно сильно влияет на динамику ВУ. При введении контура линейных колебаний для указанных видов нагрузки наблюдается существенная стабилизация колебаний виброплатформы по оси *Y*, что подтверждает его работоспособность. На рис. 3 представлены колебания до и после введения контура положения и подачи массы груза в 5 кг на виброплатформу на 5-й секунде работы. Из него видно, что происходит стабилизация колебаний на прежнем уровне. Колебания по осям *X* и *Z* остаются нестабилизированными.

Вывод зависимостей колебаний от угла управления роторами и их скоростью вращения для конкретной проектируемой ВУ не представляет труда и в статье не рассматривается.

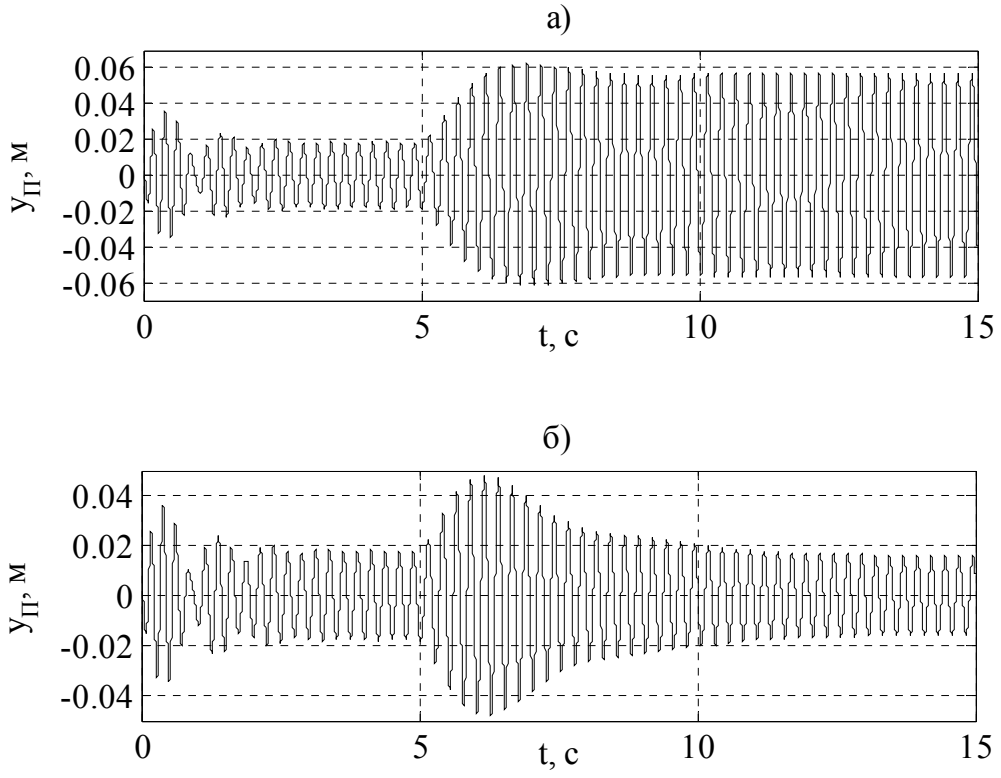


Рис. 3. Колебания по оси Y: а – до введения контура положения; б – после введения контура положения

Выводы

1. Полная управляемость и возможность преодоления за счет угла рассогласования между дебалансами эффекта Зоммерфельда по оси *Y*. Причем, если эффект Зоммерфельда проявляется при управлении с контуром тока, при разорванном контура скорости, а с контуром скорости ВУ проходит частоту резонанса расходуя дополнительную энергию питания, то исследуемая схема позволит просто взаимно компенсировать вынуждающие силы, и способствовать снижению их требуемой мощности, что, вместе с применением алгоритмов раскачки, будет способствовать снижению мощности устанавливаемых двигателей. Колебания по остальным осям будут зависеть от текущей скорости дебалансов.

2. Сравнивая предлагаемую и исследованные ранее многороторные вибрационные установки, в первую очередь, следует отметить небольшое количество роторов дебалансов и, следовательно, их приводов, получение только линейных колебаний по всем осям, из которых полностью управляется только одна, что хуже, по сравнению с ВУ с большим числом роторов.

Литература

1. Управление мехатронными вибрационными установками / под ред. И. И. Блехмана и А. Л. Фрадкова. – СПБ.: Наука, 2001. – 278 с.

2. *Шестаков В. М.* Динамика автоматизированных электромеханических систем многороторных вибрационных установок / В. М. Шестаков, А. Е. Епишкин, О. П. Томчина; под общ. редакцией проф. В. М. Шестакова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 108 с.

УДК 628.161.2

Владимир Васильевич Кузнецов, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Сергей Валерьевич Рудецкий, канд.техн. наук, инженер,
(ООО НПФ «ВИНКО»)
Николай Иванович Рукобратский, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: kuznetsov_v_v@inbox.ru, rudetskiy74@mail.ru, rukobratsky@mail.ru

Vladimir Vasilievich Kuznetsov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Sergey Valerievich Rudetsky, PhD of Tech. Sci., Engineer
(SPF “VINCO” LLC)
Nikolai Ivanovich Rukobratsky, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kuznetsov_v_v@inbox.ru, rudetskiy74@mail.ru, rukobratsky@mail.ru

КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ЗАЛИВКИ ЛЕДОВОГО КАТКА

SET OF EQUIPMENT TO TREAT WATER FOR PREPARING AN ICE RINK

В работе приведен пример системного подхода при подготовке воды для заливки ледового катка. Подготовка воды включает в себя фильтрование через зернисто-сорбционную загрузку, ионный обмен, подогрев воды и удаление растворенных газов. В статье представлены принципиальные технологические схемы установки подготовки воды. Выполнен подбор оборудования и разработана система автоматизации, позволяющая автоматически регулировать температуру воды. Решена задача по плавлению ледяной крошки, срезаемой с поверхности льда заливочной машиной. В установке предусмотрено использование тепла от холодильной установки, встроенной котельной и электрокотлов. Установка водоподготовки введена в эксплуатацию.

Ключевые слова: система, холодоснабжение, эксплуатация, водоподготовка, ледовый каток, сепаратор воздуха.

The study gives an example of systematic approach to treatment of water for preparing an ice rink. Treatment of water includes its filtering through a granular sorption bed, ionic exchange, heating of water and elimination of dissolved gases. The study presents process flow diagrams for the water treatment unit. Selection of equipment has been performed and a system allowing to automatically control water temperature has been developed. The problem of melting ice chips cut from the surface of the ice by the resurfacer has been solved. The machine is designed to use the heat from the cooling unit, boiler installation and electric boilers. The water treatment unit has been put into operation.

Keywords: system, refrigeration, operation, water treatment, ice rink, air separation unit.

Известно, что при использовании для заливки ледовых арен и катков воды без предварительной очистки лед приобретает мутный цвет и окраску, становится мягким

(вязким) и травмоопасным, ухудшается скольжение конька, портится лезвие, а также сокращается срок службы машин для заливки льда.

К воде, предназначенной для заливки льда, предъявляются следующие требования:

– отсутствие грубодисперсных и коллоидных примесей;
– отсутствие солей жесткости;
– отсутствие микропузырьков воздуха и растворимых газов;
– температура воды должна быть не менее 20 °С (в зависимости от типа машины для заливки льда).

Как правило, для заливки катка в качестве исходной воды используется водопроводная [1]. Требуемое качество воды для приготовления льда можно получить при помощи фильтрования через зернисто-сорбционную загрузку с последующим натрий-катионированием и подогревом [2; 3].

Данная технология была реализована в установке подготовки воды производительностью не менее 1,5 м^3/ч для малого катка [4].

Установка подготовки воды представляет собой комплекс оборудования, установленного и закрепленного на рамных конструкциях.

Установка (рис. 1) включает в себя фильтр грубой очистки (сетчатый), расходомер, два фильтра диаметром 370 мм и высотой 1800 мм с зернисто-сорбционной и ионообменной загрузкой, соединенных последовательно. Фильтр представляет собой сосуд цилиндрической формы, выполненный из пластика. В верхней части фильтра расположен автоматический клапан управления. Фильтр с ионообменной загрузкой укомплектован растворным баком.

Также в состав установки входят пластиковый цилиндрический вертикальный накопительный бак объемом 780 л с термоизоляцией, мешочный фильтр, теплообменник трубчатый водо-водяной Pahlen Maxi-Flow 60 кВт и электрический котел Эван ЭПО-24. Фильтр мешочный имеет цилиндрический корпус, в котором установлен фильтрующий элемент (мешок с микропорами 20 микрон). Корпус мешочного фильтра выполнен из коррозионно-стойких материалов, легко и быстро разбирается, что обеспечивает удобство в эксплуатации и обслуживании.

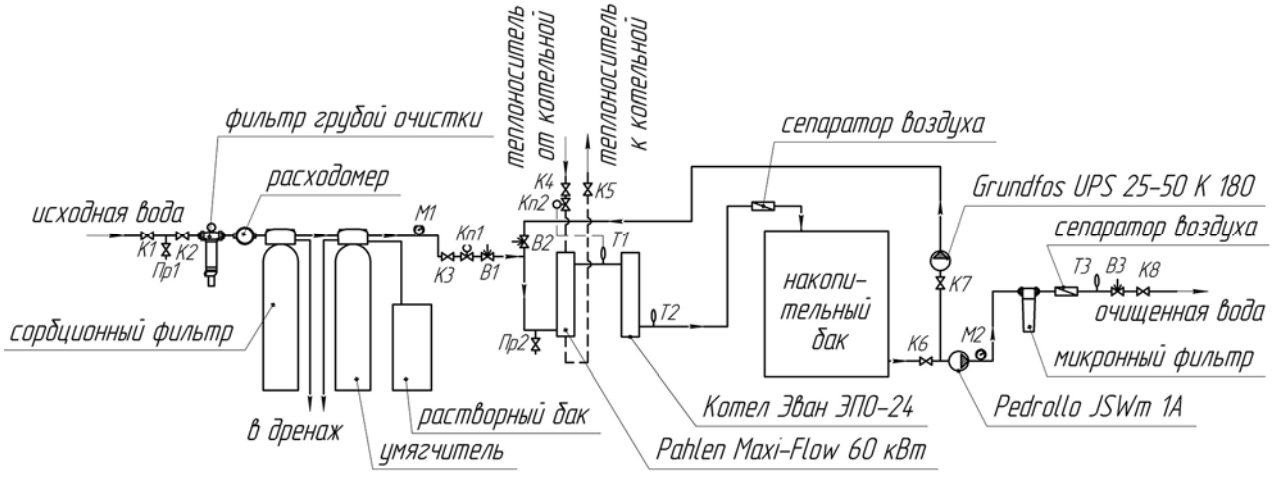


Рис. 1. Установка подготовки воды

Подача очищенной воды из накопительного бака осуществляется насосом Pedrollo JSWm 1A, оборудованным регулятором давления EASYPRESS I. Циркуляция воды из бака через теплообменник и электрический котел осуществляется циркуляционным насосом Grundfos UPS 25-50 K 180.

Отделение воздуха из очищенной воды производится двумя сепараторами воздуха Zeparo ZUV 20, расположенными на трубопроводах установки.

Оборудование установки снабжено системами автоматики и защиты. Управление установкой осуществляется из шкафа электропитания и управления, имеется возможность вывода сигналов о работе установки диспетчеру. Шкаф электропитания и управления представляет собой пластиковый бокс с классом защиты IP55.

В состав КИП установки входят манометры, датчики температуры и уровня жидкости.

Таяние снега, выгружаемого машиной для заливки, осуществляется в специальном поддоне (яме снеготаяния) за счет подвода тепла от холодильной установки (рис. 2).

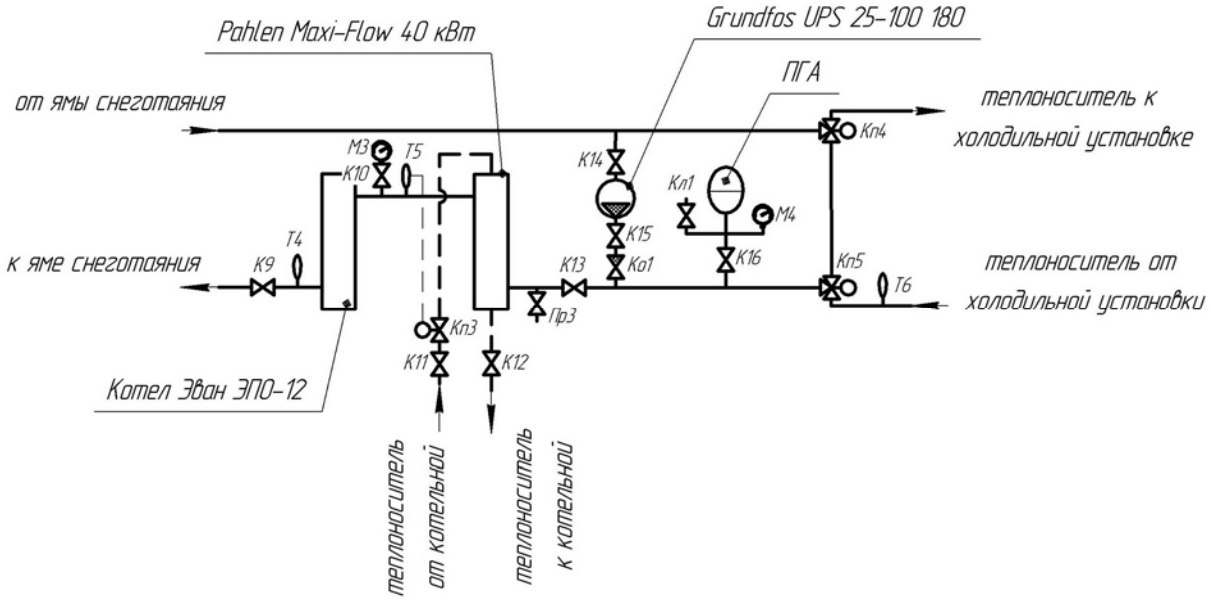


Рис. 2. Узел снеготаяния

В случае падения температуры теплоносителя ниже заданных при пусконаладке параметров, подогрев теплоносителя осуществляется за счет подвода тепла от котельной или электроподогрева. Для этого в установке предусмотрены теплообменник трубчатый Pahlen Maxi-Flow мощностью 40 кВт и электрический котел Эван ЭПО-12 мощностью 12 кВт.

Работа установки происходит следующим образом: исходная вода из водопроводной сети поступает на фильтр грубой очистки, после которого установлены фильтр с зернисто-сорбционной загрузкой и фильтр-умягчитель.

После обработки очищенная и умягченная вода подается на теплообменник Pahlen Maxi-Flow 60 кВт для нагрева. Температура нагрева воды регулируется путем изменения интенсивности подачи теплоносителя от котельной краном с автоматическим приводом. Работой привода крана управляет датчик температуры.

В случае отключения котельной нагрев очищенной воды производится электрическим котлом Эван ЭПО-24. Включение котла и настройка температуры нагрева производится на пульте управления котлом. Для контроля температуры нагрева воды служит датчик температуры.

Нагретая вода через сепаратор воздуха Zeparo ZUV 20 поступает в накопительный бак. Насосом Pedrollo JSWm 1A вода из бака подается на мешочный фильтр, а затем через второй сепаратор воздуха – на заливку. Для контроля температуры воды на выходе из установки предусмотрен датчик температуры. Давление после насоса контролируется манометром. Регулировка расхода производится регулирующим вентилем. Подача воды на заливку перекрывается вручную шаровым краном.

Для поддержания необходимой температуры воды в накопительном баке предусмотрен повторный подогрев, который осуществляется путем циркуляции воды из бака насосом Grundfos UPS 25-50 K 180 через теплообменник и электрический котел.

Подача теплоносителя от холодильной установки к яме снеготаяния осуществляется через кран с автоматическим приводом. Привод крана управляется датчиком температуры. Если температура теплоносителя падает ниже заданной при пуско-наладке, краны с автоматическим приводом переключают циркуляцию теплоносителя на внутренний контур установки. Для циркуляции по внутреннему контуру предусмотрен насос Grundfos UPS 25-100 180.

При падении температуры теплоносителя предусмотрен его подогрев в теплообменнике Pahlen Maxi-Flow 40 кВт с подачей тепла от котельной или электрическом котле Эван ЭПО-12. Подача горячей воды от котельной регулируется краном с автоматическим приводом по датчику температуры.

Данный комплекс оборудования эксплуатируется в Санкт-Петербурге с 2015 г. на катке с размером ледовой площадки 56×26 м.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества / Минздрав России. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2002. – 99 с.

2. *Ю. С. Веселов.* Водоочистное оборудование: Конструирование, использование / Ю. С. Веселов, И. С. Лавров, Н. И. Рукобратский. – Л: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 232 с.

3. BWT: Best Water Technology: официальный сайт компании. – URL: http://www.bwt.ru/ (дата обращения: 19.05.2016).

4. Правила ИИХФ по строительству и эксплуатации катков [Электронный ресурс] / Международная федерация хоккея с шайбой (ИИХФ, IIHF). – URL: https://fhr.ru/common/upload/_IIHF-pdf (дата обращения: 19.05.2016).

УДК 374.1

Виктор Васильевич Резниченко, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Алексей Валентинович Демидов, студент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: 12356788@mail.ru, worialhat@gmail.com

Victor Vasilevich Reznichenko, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Alexey Valentinovich Demidov, student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: 12356788@mail.ru, worialhat@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИПЛИКАЦИОННОГО РЕДАКТОРА MULTIFUSION В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

USING MULTIFUSION CARTOON ANIMATION EDITOR IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Повсеместное распространение информационных технологий, персональных компьютеров, локальных сетей и интернета позволяет разнообразить процесс обучения в образовательных учреждениях и вывести его на качественно новый уровень. В частности, развитие компьютерных технологий сделало возможным такой вид творчества, как компьютерная мультипликация. Изучая курс компьютерной графики, учащиеся могут побывать в роли художника и сценариста, создать компьютерные рисунки и фильмы по своему сценарию – и все это при помощи одного только компьютера, без использования дополнительных ресурсов. Достигнув результатов, приносящих удовлетворение, учащийся с удовольствием будет делиться ими с другими людьми – друзьями и родителями, возможно, захочет выложить свое творение в интернет.

Ключевые слова: информационные технологии, компьютерная графика, мультипликация, анимация, обучение.

The global spread of information technologies, personal computers, local networks and the Internet allows to make the educational process at educational institutions more diverse and bring it to a whole new level. In particular, the development of cartoon animation technologies made such type of creational activity as computer animation possible. Studying computer graphics, students may take on a role of an artist or a script writer, and create computer drawings and movies according to their script. All this can be made by means of just a computer without use of additional resources. Having achieved the satisfying results, the student will be glad to share them with other people, his friends and parents, and may also upload this work to the Internet.

Keywords: information technologies, computer graphics, cartoon animation, animation, education.

Мультипликация как вид творчества существует уже, по крайней мере, два десятка лет – как в нашей стране, так и во многих странах мира. Проводимые на различных уровнях смотры, конкурсы и фестивали по этому увлекательному виду деятельности вызывают большой интерес детей и взрослых. Особенно большой интерес это вызывает у преподавателей – людей, заинтересованных не только в конечном результате творчества обучаемых – фильмах, но и в проявлении и выражении творческих способностей. Вопрос решения педагогических задач средствами мультипликации – актуальная проблема сегодняшнего дня.

Основная ценность мультипликации заключается, прежде всего, в универсальности языка, позволяющего организовать систему комплексного развивающего обучения студентов [1].

Также сегодня компьютерная графика является значимым фактором организации материально-предметной среды и духовного окружения человека. Воспитательное воздействие становится особенно актуальным, когда знакомство с компьютерной графикой выходит на уровень практической деятельности учащегося и реализуется в социальной среде, окружающей человека в виде поздравительной открытки для друзей и родственников, календарей, оформления обложек и вкладышей, пригласительных билетов на студенческие праздники, буклетов.

На сегодняшний день существует довольно много программ, которые могут использоваться для создания векторной анимации (Adobe Flash, FantaVision, Synfig Studio, Anime Studio, Toon Boom Animation и др.). Однако среди них ощущается дефицит мультипликационных редакторов, пригодных к использованию в обучении. Происходит это по ряду причин. Во-первых, большинство анимационных редакторов имеют достаточно сложный интерфейс, часто не рассчитанный на начинающего пользователя. Знакомясь с ним, учащиеся испытывают большие сложности, и освоение подобных крупных продуктов часто происходит методом проб и ошибок. Во-вторых, почти все существующие редакторы обладают высоким порогом вхождения. Это значит что для того что бы получить в них даже простейшую анимацию, необходимо обладать большими знаниями об этом редакторе, а так же учитывать его особенности, это сильно затрудняет обучение.

Рассмотрим два векторных редактора – Adobe Flash и FantaVision.

Adobe Flash предоставляет большие возможности для редактирования анимации, огромное количество инструментов для создания графики, удобную реализацию управления анимацией (так называемый таймлайн) [2]. Редактор имеет реализации под современные операционные системы. Из-за большого количества инструментов, редактор имеет перегруженный интерфейс, что приводит к сложностям при его освоении. Редактор не имеет возможности расширения, за счет подключения внешних дополнений, однако существующие окна можно несколько видоизменять. Редактор является платным. Редактор позволяет сопровождать анимацию звуковой дорожкой. Этот профессиональный пакет хорошо подходит для создания векторных изображений, анимационных роликов, баннеров, флэш-сайтов. Достоинством редактора можно отметить его кроссплатформенность.

Программа FantaVision наиболее приближена к векторному редактору, подходящему для обучения векторной графике. Она проста, ее интерфейс и принципы, лежащие

в основе ее работы, легко понятны как взрослым, так и детям. Она позволяет рисовать отдельные кадры с помощью некоторых векторных примитивов и редактировать их. Далее, при воспроизведении анимации, она не просто показывает отдельные кадры, но и строит несколько промежуточных кадров (основываясь на так называемом эффекте «морфинга»), что придает анимации плавность. Это позволяет быстро и просто создавать довольно любопытные ролики.

Однако FantaVision имеет и недостатки: она написана в далеком 1986 г. и на сегодняшний день совершенно устарела. Написана она для ОС DOS, что препятствует ее применению на современных компьютерах, так как ОС DOS доступна сейчас только в виде эмулятора (а на компьютерах с 64-разрядной архитектурой и эмуляция с приемлемым качеством может стать невозможной). Она не позволяет создавать полноцветные ролики, поскольку работает только в режимах 1, 2, 4 или 16 цветов (причем, максимальное поддерживаемое графическое разрешение – 640×480, что тоже не является плюсом). Количество объектов в ролике ограничено. Также следует отметить нестандартный интерфейс данной программы – во время ее создания стандарта на графический интерфейс еще не было. Возможности расширения функционала нет.

Таблица

Сравнение аналогов

	Проприетарность	Простота использования	Расширяемость
Adobe Flash CS6	+	–	–
FantaVision	+	+	–

В целях устранения пробела в данной области в университетах ИТМО и СПБГАСУ была начата разработка программы MultiFusion, предоставляющей возможность обучения основам векторной графики и анимации как студентов, так и людей любого возраста. Эта программа имеет полностью настраиваемый внешний вид, который позволяет произвести настройку программы индивидуально для каждой возрастной категории обучаемых. Кроме того, имеется возможность не только изменения просто внешнего вида, но и также изменения набора инструментов рисования и создания анимации, их функциональных возможностей. Данные возможности программы реализованы с помощью системы подключаемых дополнений. В связке с простым и хорошо задокументированным SDK ((от англ. Software Development Kit) – набор из средств разработки, утилит и документации, который позволяет программистам создавать приложения по определенной технологии или для определенной платформы (программной или программно-аппаратной)) это позволяет не только управлять внешним видом программ и существующей функциональностью, но и добавлять новую. Таким образом, данная программа имеет низкий порог вхождения и хорошо подойдет для обучения векторной графике и мультипликации новичков.

Редактор MultiFusion написан на языке C++ с использованием кроссплатформенного инструментария разработки программного обеспечения Qt, поэтому он работает на всех современных настольных операционных системах (Windows, Linux, Mac OS). Исходный код является открытым и распространяется по свободной лицензии.

На данный момент редактор находится в разработке, но им уже можно пользоваться. Из функционала доступны:

- работа с векторными фигурами;
- работа со слоями;
- создание анимации с использованием морфинга;
- различные инструменты;
- система подключаемых дополнений.

В перспективе функциональные возможности могут быть расширены за счет реализации дополнительных модулей:

- работа со звуком;
- работа с растровой графикой;
- костная анимация.

Литература

1. *Боресков А. В.* Компьютерная графика. Учебник и практикум для прикладного бакалавриата. / А. В. Боресков, Е. В. Шикин – М.: ЮРАЙТ, 2016. – С. 15–17.
2. *Heldman W.* Adobe Flash Professional CS6 Essentials / W. Heldman. – Indianapolis, 2012. – P. 1–6.

УДК 621.3.084

Виктор Васильевич Резниченко, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Валентин Петрович Демидов, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Георгий Валентинович Демидов, ведущий инженер-программист
(НПК «Пеленгатор»)
E-mail: 12356788@mail.ru, dvp52@mail.ru, kimuriell@gmail.com

Victor Vasilevich Reznichenko, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Valentin Petrovich Demidov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Georgy Valentinovich Demidov, Principle Software Engineer
(NPK Pelengator)
E-mail: 12356788@mail.ru, dvp52@mail.ru, kimuriell@gmail.com

ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРИ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКЕ

MEASUREMENT OF ELECTRICAL PARAMETERS IN CONSTRUCTIONAL NETWORKS UNDER NON-LINEAR LOAD

В статье рассматривается возможность применения аналоговых электроизмерительных приборов для измерения электрических показателей (тока и напряжения) на строительных объектах с учетом особенностей многих типов электрооборудования, представляющих из себя искажающую (нелинейную) нагрузку. Это, в частности, установки дуговой и контактной сварки, газоразрядные лампы, вентильные статические преобразователи. Производится анализ основных типов традиционных электроизмерительных приборов, получивших наибольшее распространение при промышленных измерениях показателей переменного тока, а именно, приборов следующих систем: электродинамической, электромагнитной, магнитоэлектрической (с выпрямителем), индукционной, а также электростатической. На основе проведенного анализа сделан вывод о допустимости применения аналоговых электроизмерительных устройств для измерения тока и напряжения в электрических сетях с искажающей нагрузкой в отдельных случаях, но в общем случае рекомендуется применение современных цифровых приборов.

Ключевые слова: искажающая нагрузка, несинусоидальные ток и напряжение, высшие гармоники, спектр сигналов, электроизмерительный прибор, действующие значение тока и напряжения.

The article reviews a possibility of using analogue electro-measuring instruments for measuring electrical parameters (electrical current and voltage) at construction sites taking into account peculiarities of various electrical equipment representing distorting (non-linear) load. In particular, these are units for arc and contact welding, gas discharge lamps and valve-type static frequency converters. The main types of electro-measuring instruments, that are most often applied in industrial measurements of alternating current parameters, were analyzed, in particular, instruments of the following systems: electrodynamic, electromagnetic, magneto-electric (with a rectifier unit), induction as well as electrostatic. Based on the analysis conducted, a conclusion was made about acceptability of analogue electro-measuring instruments for measuring electrical current and voltage in electrical circuits with distorting load in particular cases. However, generally it is recommended to use modern digital instruments.

Keywords: distorting load, non-sinusoidal current and voltage, upper harmonics, signal spectrum, electro-measuring instrument, effective values of current and voltage.

Значительное количество потребителей энергии на строительных объектах относится к искажающей нагрузке. Это установки дуговой и контактной сварки, газоразрядные лампы, статические преобразователи и т. п. Потребители, имеющие в своем составе нагрузки, вырабатывающие несинусоидальный ток, преобразуют часть электроэнергии синусоидального тока в энергию несинусоидального тока и возвращают ее в сеть.

При измерении в цепях с несинусоидальными электрическими величинами возникает вопрос о типах применяемых приборов. На выбор типа электроизмерительного прибора влияют, в частности, следующие обстоятельства:

– что необходимо измерять (действующие значения несинусоидальных электрических показателей (тока или напряжения) во всем спектре измеряемых сигналов; средние или амплитудные значения сигналов; действующие значения несинусоидального тока (напряжения) в некотором диапазоне частот или для какой-либо одной гармоники [1];

– спектральный состав сигнала (нечетные гармоники, четные, наличие постоянной составляющей, наивысший возможный порядок, непрерывный спектр в диапазоне частот);

– допустимая погрешность измерения, условия проведения измерений и т. п.

Все аналоговые электроизмерительные приборы, предназначенные для работы на промышленной частоте, градуируются обычно в действующих значениях тока или напряжения синусоидальной формы, независимо от принципа действия. Однако приборы различных систем по-разному реагируют на несинусоидальный ток, то есть имеют различную зависимость вращающего момента от формы тока или напряжения, что и является основным источником погрешности при измерении несинусоидальных токов.

Рассмотрим зависимость вращающего момента от формы тока наиболее распространенных типов аналоговых приборов.

В энергетике до недавнего времени традиционно считалось, что гармоники выше 13-го порядка рассматривать не надо. Этой гармонике соответствует частота $13 \times 50 = 650$ Гц [1]. Значит, все приборы, применяемые для измерения несинусоидальных токов, должны без погрешностей измерять переменный ток с частотой до 650 Гц.

Однако специалисты компании Schneider Electric считают, что компенсация гармоник до 13-го порядка обязательна, а для обеспечения эффективной компенсации следует учитывать гармоники до 25-го порядка (1250 Гц). Можно предположить, что в будущем потребуется учет более высоких гармоник, поскольку те же специалисты Schneider Electric считают, что гармонические токи выше 50-го порядка незначительны и их измерением можно пренебречь, то есть более низкие гармоники все же следует учитывать [2].

Наибольшее распространение при промышленных измерениях получили приборы переменного тока следующих систем: электродинамической, электромагнитной, магнитоэлектрической (с выпрямителем), индукционной и реже – электростатической и термоэлектрической.

Вращающий момент в приборах электродинамической системы создается взаимодействием электродинамических сил, возникающих между неподвижными и подвижной катушками, обтекаемыми измеряемым током. Известно, что вращающий момент прибора электродинамической системы не зависит от фазы гармоник относительно друг друга и относительно основной. Выводы справедливы и для случая, когда в измеряемой цепи одновременно протекают синусоидальные токи от разных источников разной частоты. При отсутствии переменной составляющей вращающий момент пропорционален произведению постоянных токов, протекающих по катушкам.

Приборы электродинамической системы выполняются как амперметры, вольтметры и ваттметры. Частотная применяемость их в зависимости от типов ограничивается ча-

стотами порядка 1000 … 2000 Гц, то есть они могут быть пригодны для измерения гармоник тока промышленной частоты.

Вращающий момент амперметра электродинамической системы равен:

$$M_{\text{вр}} = k \cdot (I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + ...) = k \sum_1^n I_n^2 = k \cdot I^2,$$

где $I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + ...}$.

Аналогично для вольтметра:

$$M_{\text{вр}} = k \cdot (U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + ...) = k \sum_1^n U_n^2 = k \cdot U^2,$$

где $U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + ...}$.

Таким образом, вращающий момент электродинамических приборов (амперметров и вольтметров) пропорционален сумме квадратов действующих значений токов (напряжений) всех гармоник, содержащихся в измеряемом несинусоидальном токе (напряжении), включая постоянную составляющую, независимо от взаимных фазовых сдвигов токов и напряжений. Иначе говоря, показания электродинамических приборов (амперметров и вольтметров) зависят от действующего значения измеряемых величин (токов и напряжений) несинусоидальной формы.

Для ваттметров электродинамической системы могут быть два случая измерения мощности при несинусоидальном характере электрических величин:

1) ток и напряжение имеют несинусоидальную форму;
2) напряжение синусоидальное, а ток не синусоидален (или наоборот).

В первом случае (обе электрические величины не синусоидальны):

$$M_{\text{вр}} = k \cdot \sum_1^n I_n \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n. \qquad (1)$$

Из выражения (1) следует, что электродинамический ваттметр измеряет сумму активных мощностей всех гармоник тока и напряжения несинусоидальной формы независимо от разностей фаз гармоник.

Во втором случае электродинамический ваттметр имеет следующий вращательный момент:

$$M_{\text{вр}} = k \cdot I_1 \cdot U_1 \cdot \cos \varphi_1,$$

так как средние значения всех произведений с синусами, содержащими аргументы разных периодов, равны нулю. Следовательно, если одна из электрических величин (напряжение или ток) синусоидальна, то электродинамический ваттметр будет измерять мощность первой гармоники.

Все выводы, касающиеся электродинамических приборов, относятся также и к приборам ферродинамической системы. При этом следует учесть, что верхний предел по частоте у этих приборов ниже, чем у приборов электродинамической системы (максимум 400…500 Гц) [3]. Поэтому ферродинамические приборы в меньшей мере пригодны для измерения несинусоидальных электрических величин.

Амперметры и вольтметры электромагнитной системы, так же, как и электродинамические приборы, измеряют действующее значение тока (напряжения) несинусоидальной формы независимо от начальных фаз гармоник.

Однако частотный диапазон этих приборов ограничен, так же как и ферродинамических приборов, из-за наличия стального сердечника и большой индуктивности катушки (для вольтметров). Современные амперметры переменного тока класса точности 0,5 имеют номинальную область частот от 40 до 100 Гц и расширенную до 500…1000 Гц в зависимости от конкретного типа прибора. Номинальная область частот вольтметров состав-

ляет 40…60 Гц, а расширенная – до 500…1000 Гц. Номинальная область частот ваттметров составляет 40…60 Гц, а расширенная 200…400 Гц.

Выпрямительные приборы магнитоэлектрической системы со встроенным выпрямителем состоят из выпрямителя, включенного в цепь измеряемого переменного тока, и измерителя магнитоэлектрической системы, измеряющего выпрямленный ток. Шкала выпрямительного прибора обычно градуируется в действующих значениях синусоидального тока (напряжения).

Вращающий момент в приборах магнитоэлектрической системы создается механическим взаимодействием тока, протекающего по подвижной катушке (рамке), расположенной между полюсами постоянного магнита, с магнитным потоком в зазоре. Поскольку магнитная индукция в зазоре постоянна, то мгновенное значение вращающего момента равно:

$$m_{\text{вр}} = k \cdot i,$$

т. е. момент пропорционален первой степени тока.

При синусоидальном токе мгновенные значения выпрямленного тока принимают последовательно все значения амплитуды положительной волны синусоиды. В силу инерционности подвижная система прибора (рамка) не успевает следовать всем значениям мгновенного тока и отклоняется на некоторый угол, пропорциональный среднему значению выпрямленного тока за первый полупериод. Поскольку обычно используются двухполупериодные схемы выпрямления, то во второй полупериод и далее этот процесс повторяется.

Поскольку среднее значение ординаты синусоиды за полупериод в общем случае, как известно, выражается через амплитудное значение тока I_m следующим образом:

$$I_{\text{ср}} = \frac{2I_m}{\pi}\cos\varphi,$$

то средний вращающий момент прибора за период будет пропорционален среднему значению тока по модулю, то есть:

$$M_{\text{ср}} = k \cdot I_{\text{ср}} \cdot \cos\varphi.$$

При несинусоидальном токе, представленном тригонометрическим рядом разложения, средний момент прибора будет равен:

$$M_{\text{вр}} = \frac{k}{T/2}\sum_{0}^{T/2}(I_{M1}\sin(\omega t + \psi_1) + I_{M2}\sin(2\omega t + \psi_2) + I_{M3}\sin(3\omega t + \psi_1) + ...)\Delta t =$$

$$= k(I_{\text{ср1}}\cos\psi_1 + I_{\text{ср2}}\cos\psi_2 + I_{\text{ср3}}\cos\psi_3 + ...)$$

или

$$M_{\text{вр}} = k\sum_{0}^{n}(I_{cp,k}\cos\psi_k).$$

Таким образом, выпрямительный двухполупериодный прибор измеряет сумму средних значений по модулю всех гармоник периодического тока (напряжения) несинусоидальной формы, причем показания прибора зависят от фазы гармоник относительно основной, то есть от формы тока (напряжения)

Как указывалось выше, шкала выпрямительных приборов градуируется в действующих значениях синусоидального тока (хотя момент вращения пропорционален среднему значению выпрямленного тока), то есть градуировка произведена для коэффициента формы кривой тока k_Φ = 1,11. Так как для несинусоидальной кривой коэффициент формы имеет другое значение, то при несинусоидальной форме кривой тока (напряжения) показания выпрямительного прибора будут неверными, то есть неизбежна погрешность измерения. Так, например, при острой форме измеряемого тока выпрямительный прибор будет показывать меньше, а при тупой – больше.

Вращающий момент таких выпрямительных приборов пропорционален среднему значению измеряемого периодического напряжения (тока) любой формы, причем градуировка выполняется непосредственно в среднеквадратичных значениях напряжения или тока (с учетом извлечения квадратного корня), то есть:

$$M_{\text{вр}} = k\sum_{0}^{n} U_k^2 = kU^2.$$

Таким образом, выпрямительные приборы со среднеквадратической характеристикой измеряют действующее значение напряжения (тока) независимо от начальных фаз гармоник.

Вращающий момент электростатического вольтметра возникает за счет взаимодействия электрического поля, пропорционального измеряемому напряжению, на неподвижную обкладку конденсатора. Мгновенное значение вращающего момента:

$$m_{\text{вр}} = \frac{1}{2}u^2 \cdot \frac{\Delta C}{\Delta \alpha},$$

где u – мгновенное значение напряжения, приложенного к обкладкам конденсатора; C – емкость конденсатора в зависимости от угла α поворота подвижной обкладки.

Для установившегося положения $\frac{\Delta C}{\Delta \alpha} = \text{const}$ и по аналогии с электродинамической системой для общего случая, когда измеряемое напряжение содержит любые гармоники и постоянную составляющую, средний вращающий момент:

$$M_{\text{вр}} = k\sum_{0}^{n} U_k^2 = kU^2,$$

то есть вольтметр электростатической системы измеряет действующее (а не амплитудное) значение напряжения любой формы независимо от начальных фаз гармоник, включая постоянную составляющую. Показания прибора правильны и при измерении напряжения постоянного тока. Электростатические вольтметры пригодны для широкой области частот (вплоть до мегагерц).

Приборы индукционной системы предназначены для измерений только в цепях переменного тока. В отличие от приборов других систем индукционные приборы могут быть применены в цепях только с одной определенной частотой, а незначительное изменение этой частоты по сравнению с номинальной приводит к большим погрешностям.

Из сказанного можно сделать следующий вывод. Применение аналоговых электроизмерительных устройств для измерения тока и напряжения в электрических сетях с искажающей нагрузкой в отдельных случаях может считаться допустимым, но в общем случае более целесообразно применение современных цифровых приборов.

Литература

1. *Минин Г. П.* Несинусоидальные токи и их измерение / Г. П. Минин. – Москва: Энергия, 1979. – 112 с.

2. *Епифанов С. Н.* Электроизмерительные приборы. Справочно-методическое пособие / С. Н. Епифанов. – Киров: Изд. ВятГУ, 2005. – 89 с.

3. Измерение и устранение гармоник. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 30 / ЗАО «Шнейдер Электрик». – М., 2009. – 48 с.

УДК 681.5.004.94

Ольга Петровна Томчина, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Дмитрий Владимирович Горлатов, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
E-mail: otomchina@mail.ru, dgorlatov@lan.spbgasu.ru

Olga Petrovna Tomchina, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Dmitrii Vladimirovitch Gorlatov, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: otomchina@mail.ru, dgorlatov@lan.spbgasu.ru

УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХРОТОРНОЙ ВИБРОУСТАНОВКОЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЫПУЧИХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ С НЕСТАЦИОНАРНОЙ МАССОЙ

CONTROL OF THE THREE-ROTOR VIBRATION UNIT UPON PROCESSING BULK CONSTRUCTION MATERIALS WITH NON-STATIONARY MASS

Вибрационные установки (ВУ) используются в строительстве для вибродробления, вибротранспортирования, просеивания, сортировки и фракционирования различных стройматериалов, преимущественно сыпучих, неоднородных по структуре и размеру частиц. В данной работе разрабатывается модель трехроторной ВУ, предназначенная для обработки сыпучего груза переменной массы. Также синтезируется алгоритм управления взаимной кратной синхронизацией скоростей вращения роторов ВУ, обеспечивающий ее эффективную работу. Полученная математическая модель ВУ исследуется в программном пакете MATLAB Simulink с разработанным алгоритмом при различных кратностях скоростей роторов. Работа алгоритма сравнивается с традиционным управлением с помощью постоянных моментов.

Ключевые слова: вибрационная установка, алгоритм управления, компьютерное моделирование, сыпучие стройматериалы, кратная синхронизация.

Vibration units (VU) are used in construction for vibro-grinding, vibro-transportation, separation, grading and fractionation of various construction materials, mainly bulk with heterogeneous structure and particle size. In this study, we developed a model of three-rotor VU, designed to process bulk cargo of variable mass. Besides, an algorithm was designed to control the mutual multiple synchronization of rotational speed of rotors that ensured the effective operation of the VU. The obtained mathematical model of the VU is studied with the *MATLAB Simulink* software with the aid of an algorithm developed for various speed rates of rotors. The operation of the algorithm is compared to the traditional control by means of constant torques.

Keywords: vibration unit, control algorithm, computer simulation, bulk construction materials, multiple synchronization.

При обработке сыпучих стройматериалов с помощью ВУ [1]: просеивании, разделении на фракции и (или) вибротранспортировании, масса обрабатываемого груза изменяется, влияя на динамику установки. Поэтому при проектировании и исследовании ВУ необходимо создавать их математические модели, учитывающие нестационарность массы сыпучего материала.

Конструкция ВУ часто включает несколько вибровозбудителей (неуравновешенных роторов), что позволяет: рассредоточить возмущающую силу по вибрирующему рабочему органу, уменьшить нагрузку на подшипники вибровозбудителей и получить сложные траектории движения рабочего органа (платформы).

В работе многороторных ВУ одной из главных проблем является поддержание стабильного синхронного режима вращения роторов, обеспечивающего максимальную амплитуду колебаний рабочего органа. Кратный синхронный режим, при котором поддерживается постоянное соотношение между средними угловыми скоростями и, иногда, фазами вибровозбудителей, вносит асимметрию в систему, способствуя вибрационному перемещению. Причем синхронность обеспечивает максимальную скорость перемещения. Кроме того, разные скорости вращения роторов позволяют ВУ осуществлять одновременно вибротранспортирование, возбуждаемое низкой частотой, а также просеивание и раздел сыпучих материалов, совершаемые за счет большей кратной частоты.

Режим простой (однократной) синхронизации может возникать в колебательных системах естественным образом (эффект самосинхронизации). Режим кратной синхронизации можно получить только с помощью специальных алгоритмов управления. Управле-

ние в современных технических системах часто реализуется посредством компьютеров или контроллеров, в которые загружаются разработанные человеком алгоритмы управления.

В данной работе разрабатывается модель трехроторной ВУ, учитывающая переменную массу сыпучего груза и управляемая алгоритмом взаимной кратной синхронизации скоростей вращения роторов. Моделирование осуществляется на компьютере в программной среде MATLAB Simulink.

Модель построена для кинематической схемы, описывающей движение ВУ в вертикальной плоскости 0*xy* (рис. 1) [2]. Три неуравновешенных ротора закреплены симметрично на оси абсцисс на несущем твердом теле (платформе). Центральный ротор расположен в центре тяжести платформы. Система координат, связанная с платформой, обозначена 0'*x*'*y*'. Масса прикрепленного груза полагается переменной – $m_г(t)$. Четыре виброизолирующих опоры, на которых закреплена платформа, рассматриваются как две пружины, поперечная жесткость и скручивание которых не учитываются. Абсциссы крепления пружин $x_{пi} = \pm a$.

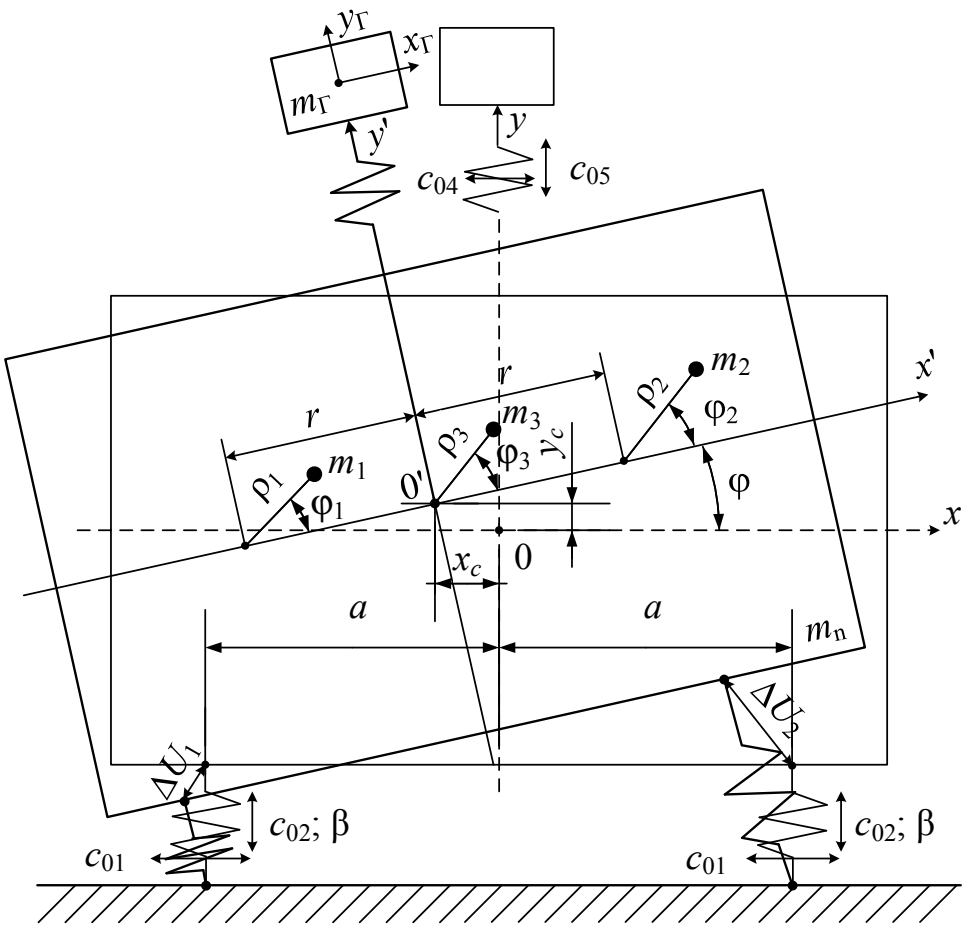


Рис. 1. Расчетная схема трехроторной ВУ с грузом

На рис. 1 использованы следующие обозначения:
$m_i = m$ – масса *i*-го ротора, $i = 1, 2, 3$ (кг); $m_п$ и $m_г$ – массы платформы и груза (кг);
$\rho_i = \rho$ – эксцентриситет *i*-го ротора, $i = 1, 2, 3$ (м);
x_c и y_c – горизонтальная и вертикальная координаты платформы (м);
$x_г$ и $y_г$ – горизонтальная и вертикальная координаты груза (м);
φ – угол поворота платформы (рад); φ_i – угол поворота *i*-го ротора, $i = 1, 2, 3$ (рад);
r – расстояние между центром платформы и точками крепления крайних неуравновешенных роторов (м);
c_{0i} – эквивалентная жесткость пружин по горизонтали и вертикали соответственно;
β – коэффициент демпфирования пружин;

ΔU_i – изменение длины i-ой пружины, i = 1, 2, 3.

Математическая модель для описанной кинематической схемы получена в виде уравнений динамики Лагранжа II-го рода (1):

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{x}_c} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial x_c} + \frac{\partial \Pi}{\partial x_c} + \beta \dot{x}_c = 0;$$

$$\ddot{x}_c m_0 - \ddot{\varphi} m\rho(\sin(\varphi+\varphi_1) + \sin(\varphi+\varphi_2) + \sin(\varphi+\varphi_3)) - \ddot{\varphi}_1 m\rho \sin(\varphi+\varphi_1) -$$
$$- \ddot{\varphi}_2 m\rho \sin(\varphi+\varphi_2) - \ddot{\varphi}_3 m\rho \sin(\varphi+\varphi_3) - \dot{\varphi}^2 m\rho(\cos(\varphi+\varphi_1) + \cos(\varphi+\varphi_2) +$$
$$+ \cos(\varphi+\varphi_3)) - \dot{\varphi}_1^2 m\rho \cos(\varphi+\varphi_1) - \dot{\varphi}_2^2 m\rho \cos(\varphi+\varphi_2) - \dot{\varphi}_3^2 m\rho \cos(\varphi+\varphi_3) -$$
$$- 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_1 m\rho \cos(\varphi+\varphi_1) - 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_2 m\rho \cos(\varphi+\varphi_1) - 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_3 m\rho \cos(\varphi+\varphi_3) +$$
$$+ 2c_{01}x_c + c_{04}(x_c - x_\Gamma) + \beta \dot{x}_c = 0;$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{y}_c} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial y_c} + \frac{\partial \Pi}{\partial y_c} + \beta \dot{y}_c = 0;$$

$$\ddot{y}_c m_0 + \ddot{\varphi} m\rho(\cos(\varphi+\varphi_1) + \cos(\varphi+\varphi_2) + \cos(\varphi+\varphi_3)) +$$
$$+ \ddot{\varphi}_1 m\rho \cos(\varphi+\varphi_1) + \ddot{\varphi}_2 m\rho \cos(\varphi+\varphi_2) + \ddot{\varphi}_3 m\rho \cos(\varphi+\varphi_3) -$$
$$- \dot{\varphi}^2 m\rho(\sin(\varphi+\varphi_1) + \sin(\varphi+\varphi_2) + \sin(\varphi+\varphi_3)) -$$
$$- \dot{\varphi}_1^2 m\rho \sin(\varphi+\varphi_1) - \dot{\varphi}_2^2 m\rho \sin(\varphi+\varphi_2) - \dot{\varphi}_3^2 m\rho \sin(\varphi+\varphi_3) -$$
$$- 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_1 m\rho \sin(\varphi+\varphi_1) - 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_2 m\rho \sin(\varphi+\varphi_2) - 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_3 m\rho \sin(\varphi+\varphi_3) +$$
$$+ m_0 g + 2c_{02}y_c + c_{05}(y_c - y_\Gamma) + \beta \dot{y}_c = 0;$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{\varphi}} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} + \beta \dot{\varphi} = 0;$$

$$- \ddot{x}_c m\rho(\sin(\varphi+\varphi_1) + \sin(\varphi+\varphi_2) + \sin(\varphi+\varphi_3)) + \ddot{y}_c m\rho(\cos(\varphi+\varphi_1) +$$
$$+ \cos(\varphi+\varphi_2) + \cos(\varphi+\varphi_3)) + \ddot{\varphi}\left[J + J_1 + J_2 + J_3 - 2mr\rho(\cos\varphi_1 - \cos\varphi_2)\right] +$$
$$+ \ddot{\varphi}_1(J_1 - mr\rho\cos\varphi_1) + \ddot{\varphi}_2(J_2 + mr\rho\cos\varphi_2) + \ddot{\varphi}_3 J_3 + \qquad (1)$$
$$+ \dot{\varphi}_1^2 mr\rho \sin\varphi_1 - \dot{\varphi}_2^2 mr\rho \sin\varphi_2 + 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_1 mr\rho \sin\varphi_1 - 2\dot{\varphi}\dot{\varphi}_2 mr\rho \sin\varphi_2 +$$
$$+ m\rho g(\cos(\varphi+\varphi_1) + \cos(\varphi+\varphi_2) + \cos(\varphi+\varphi_3)) + c_{03}\varphi + \beta\dot{\varphi} = 0;$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{\varphi}_i} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \varphi_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_i} + k_c\dot{\varphi}_i = M_i, \quad i = 1, 2, 3;$$

$$- \ddot{x}_c m\rho \sin(\varphi+\varphi_1) + \ddot{y}_c m\rho \cos(\varphi+\varphi_1) + \ddot{\varphi}(J_1 - mr\rho\cos\varphi_1) +$$
$$+ \ddot{\varphi}_1 J_1 - \dot{\varphi}^2 mr\rho \sin\varphi_1 + mg\rho\cos(\varphi+\varphi_1) + k_c\dot{\varphi}_1 = M_1;$$
$$- \ddot{x}_c m\rho \sin(\varphi+\varphi_2) + \ddot{y}_c m\rho \cos(\varphi+\varphi_2) + \ddot{\varphi}(J_2 + mr\rho\cos\varphi_2) +$$
$$+ \ddot{\varphi}_2 J_2 + \dot{\varphi}^2 mr\rho \sin\varphi_2 + mg\rho\cos(\varphi+\varphi_2) + k_c\dot{\varphi}_2 = M_2;$$
$$- \ddot{x}_c m\rho \sin(\varphi+\varphi_3) + \ddot{y}_c m\rho \cos(\varphi+\varphi_3) + \ddot{\varphi}J_3 + \ddot{\varphi}_3 J_3 +$$
$$+ mg\rho\cos(\varphi+\varphi_3) + k_c\dot{\varphi}_3 = M_3;$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{x}_\Gamma} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial x_\Gamma} + \frac{\partial \Pi}{\partial x_\Gamma} + \beta \dot{x}_\Gamma = 0;$$

$$m_\Gamma \ddot{x}_\Gamma + \dot{m}_\Gamma \dot{x}_\Gamma - c_{04}(x_c - x_\Gamma) + \beta \dot{x}_\Gamma = 0;$$

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \dot{x}_\Gamma} - \frac{\partial \mathrm{T}}{\partial x_\Gamma} + \frac{\partial \Pi}{\partial x_\Gamma} + \beta \dot{x}_\Gamma = 0;$$

$$m_\Gamma \ddot{y}_\Gamma + \dot{m}_\Gamma \dot{y}_\Gamma + m_\Gamma g - c_{05}(y_c - y_\Gamma) + \beta \dot{y}_\Gamma = 0,$$

где Т – кинетическая и П – потенциальная энергии системы (Дж); $m_0 = m_\text{п} + 3m$ – масса ВУ (кг); J, J_i – моменты инерции платформы и i-го ротора соответственно, i = 1, 2, 3 (Н·м); $\dot{x}_c$ и $\dot{y}_c$ – скорости платформы по горизонтали и вертикали (м/с); $\dot{\varphi}$ – скорость поворота платформы ($с^{-1}$); $\dot{\varphi}_i$ – скорость вращения i-го ротора, i = 1, 2, 3 ($с^{-1}$); $c_{03} = -2a^2(c_{02} - c_{01})$, $c_{03} > 0$, поскольку $c_{02} > c_{01}$; M_1, M_2, M_3 – управляющие моменты; k_c – коэффициент трения в подшипниках роторов.

Алгоритм управления взаимной кратной синхронизацией получен по методу скоростного градиента [3] и базируется на целевом функционале, использующем полную механическую энергию системы H. Целью управления является достижение роторами заданных угловых частот (скоростей вращения), соответствующих случаю частотной синхронизации или, что то же самое, достижение заданной полной механической энергии H^*, соответствующей движению роторов с желаемыми средними скоростями. Исходя из цели управления, выбирается целевой функционал, который для k-роторной ВУ имеет вид:

$$Q(z) = 0{,}5\left\{(1-\alpha)(H - H^*)^2 + \sum_{s,r\neq s}^{k} \alpha_{s,r}(\dot{\varphi}_s / n_s \pm \dot{\varphi}_r / n_r)^2\right\},$$

где $z = [x_c, \dot{x}_c, y_c, \dot{y}_c, \varphi, \dot{\varphi}, \varphi_1, \dot{\varphi}_1, \varphi_2, \dot{\varphi}_2, \varphi_3, \dot{\varphi}_3]^T$ – вектор состояния системы; α_{ij} – весовые коэффициенты; $\sum_{i,j} \alpha_{ij} = \alpha$, $0 < \alpha_{ij} < 1$; H^* – заданное значение полной механической энергии системы. При достижении цели управления $Q(z) = 0$, $H = H^*$ и $\frac{\dot{\varphi}_i}{n_i} = \frac{\dot{\varphi}_j}{n_j}$, $i, j = 1,2,3$.

Для упрощения расчета управляющих моментов целесообразно редуцировать выражение для H. Поскольку измерение или оценка с помощью наблюдателей угла поворота платформы φ вызывает наибольшее затруднение и в установившихся режимах $|\varphi| \le 1{,}8°$, можно упростить выражение H, положив φ = 0. Тогда $\widetilde{H} = \widetilde{T} + \widetilde{\Pi}$, где $\widetilde{H}, \widetilde{T}, \widetilde{\Pi}$ – редуцированные полная, кинетическая и потенциальная энергии системы. Тогда выражения для управляющих моментов (алгоритм) принимают вид:

$$\begin{cases} \widetilde{M}_1 = -\gamma_1\left[(1-\alpha)(\widetilde{H} - H^*)\dot{\varphi}_1 + \dfrac{\alpha_{12}}{J_1 n_1}\left(\dfrac{\dot{\varphi}_1}{n_1} \pm \dfrac{\dot{\varphi}_2}{n_2}\right) + \dfrac{\alpha_{13}}{J_1 n_1}\left(\dfrac{\dot{\varphi}_1}{n_1} \pm \dfrac{\dot{\varphi}_3}{n_3}\right)\right]; \\ \widetilde{M}_2 = -\gamma_2\left[(1-\alpha)(\widetilde{H} - H^*)\dot{\varphi}_2 \pm \dfrac{\alpha_{12}}{J_2 n_2}\left(\dfrac{\dot{\varphi}_1}{n_1} \pm \dfrac{\dot{\varphi}_2}{n_2}\right) + \dfrac{\alpha_{23}}{J_2 n_2}\left(\dfrac{\dot{\varphi}_2}{n_2} \pm \dfrac{\dot{\varphi}_3}{n_3}\right)\right]; \\ \widetilde{M}_3 = -\gamma_3\left[(1-\alpha)(\widetilde{H} - H^*)\dot{\varphi}_3 \pm \dfrac{\alpha_{13}}{J_3 n_3}\left(\dfrac{\dot{\varphi}_1}{n_1} \pm \dfrac{\dot{\varphi}_3}{n_3}\right) \pm \dfrac{\alpha_{23}}{J_3 n_3}\left(\dfrac{\dot{\varphi}_2}{n_2} \pm \dfrac{\dot{\varphi}_3}{n_3}\right)\right]. \end{cases} \quad (4)$$

Компьютерное исследование алгоритма (4) производилось при n_i = 1, i = 1, 2, 3 и n_1 = 1, n_2 = 1, n_3 = 2. Параметры нестационарного груза для обоих случаев варьировались в широких пределах, что отражено в таблице. Результаты моделирования для двухкратного синхронного режима представлены на рис. 2. Графики угловых скоростей и разностей фаз роторов показывают наличие устойчивого синхронного режима. В момент нагружения t_1 = 5 с наблюдается скачок приведенных кратных сдвигов фаз роторов (рис. 2, *г-д*), но по окончании нагружения (t_2 = 10 с) указанные разности быстро стабилизируются и амплитуды колебаний приходят в допустимый диапазон ±5 % от $\dot{\varphi}_{i\text{ср}}(t)$, где $\dot{\varphi}_{3ср} \approx 172$ $с^{-1}$, $\dot{\varphi}_{iср} \approx 86$ $с^{-1}$, $i = 1, 2, 3$ (рис. 2, *а-в*).

Моделирование показало, что время синхронизации $t_\text{син}$ в однократном режиме практически не зависит от скоростей роторов, а в двукратном синхронном режиме повышение заданных скоростей роторов приводит к увеличению $t_\text{син}$ в 5–7 раз. Однако во всех случаях $t_\text{син}$ не превышает 20 секунд, что является хорошим показателем. Алгоритм обеспечивает устойчивую синхронизацию при изменении массы присоединённого груза от нуля до половины

массы ВУ и варьировании скорости нагружения в широких пределах в отличие от традиционного управления (самосинхронизации при постоянных моментах двигателей).

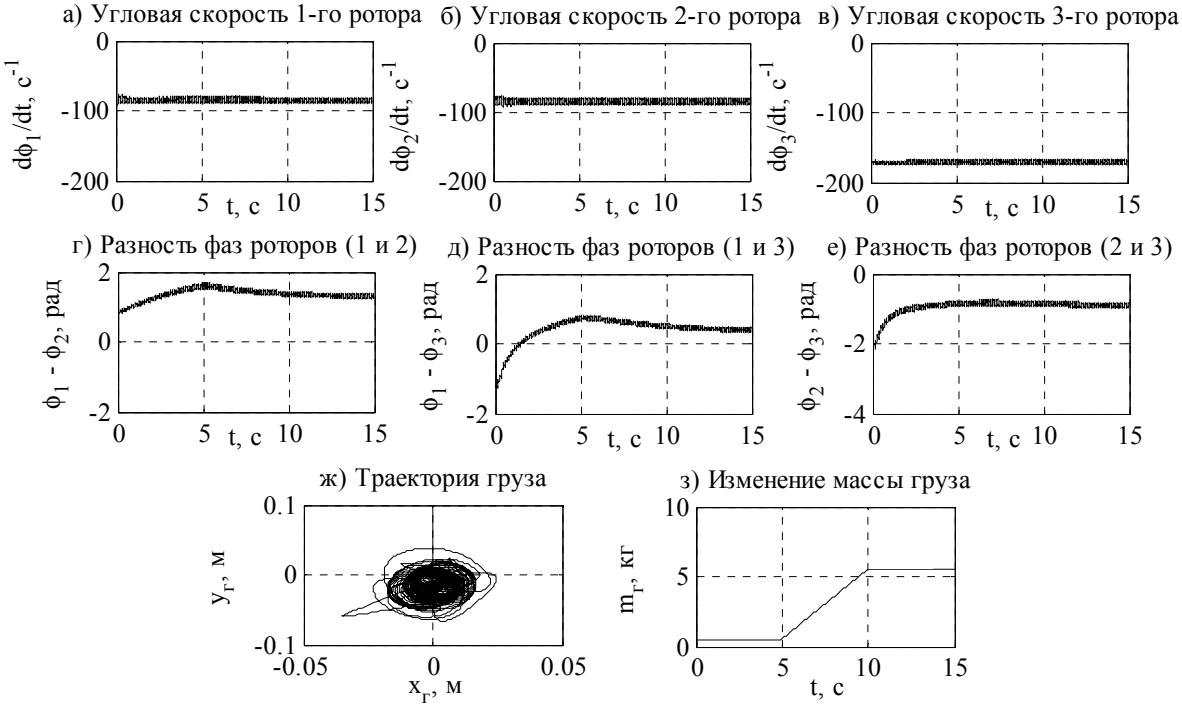


Рис. 2. Результаты исследований при H^* = 200 Дж, $m_г$ = 0,5 кг, V =1 кг/с, Δt = 5 с

Таблица

Результаты исследований модели трехроторной ВУ с нестационарным грузом при управлении с помощью алгоритма взаимной кратной синхронизации

	H^*, Дж	n_i	$m_г(0)$, кг	V, кг/с	Δt, с	Δm, кг	$m_г(\infty)$, кг	$t_{син}$, с	$t_р$, с
1)	100	n_1=1 n_2=1 n_3=1	0,5	1	5	5	5,5	3,3	1,8
				2	3	6	6,5	3,4	1,5
			2	1	3	3	5	3,5	1,65
				2	2	4	6	4	1,6
	1000	n_1=1 n_2=1 n_3=1	0,5	1	5	5	5,5	1,9	1,2
				2	3	6	6,5	2	1,2
			2	1	3	3	5	2	1,2
				2	2	4	6	2,1	1,2
2)	100	n_1=2 n_2=2 n_3=1	0,5	1	5	5	5,5	9	0,05
				2	3	6	6,5	11,5	0,05
			2	1	3	3	5	9	0,05
				2	2	4	6	14	0,05
	500	n_1=2 n_2=2 n_3=1	0,5	1	5	5	5,5	18	0,05
				2	3	6	6,5	17	0,05
			2	1	3	3	5	14	0,05
				2	2	4	6	19	0,05

Литература

1. *Бауман В. А.* Вибрационные машины и процессы в строительстве / В. А. Бауман, И. И. Быховский. – М.: Высшая школа, 1977. – 255 с.

2. Multiple controlled synchronization for 3-rotor vibration unit with varying payload / A. Fradkov, O. Tomchina, V. Galitskaya, D. Gorlatov // 5th IFAC International Workshop on Periodic Control Systems. July 3–5, 2013. – Caen, 2013. – P. 5–10.

3. *Фрадков А. Л.* Адаптивное управление сложными системами / А. Л. Фрадков. – М.: Наука, 1990. – 296 с.

УДК 62-523.8

Ольга Леонидовна Шарякова, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)
Владимир Анатольевич Шаряков, канд. техн. наук, доцент
(Научное производственное предприятие «ЭПРО»)
E-mail: o_l_shar@mail.ru, v_a_shar@mail.ru

Olga Leonidovna Sharyakova, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)
Vladimir Anatolyevich Sharyakov, PhD of Tech. Sci., Associate Professor
(Scientific Production Enterprise "EPRO")
E-mail: o_l_shar@mail.ru, v_a_shar@mail.ru

ЭКОНОМИЧНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЭСКАЛАТОРА

ENERGY-EFFICIENT ELECTRIC DRIVE OF THE ESCALATOR

В современном мире не обойтись без подъемно-транспортных машин, которые можно разделить на машины циклического и непрерывного действия. Машинами непрерывного действия являются многокабинные подъемники, пассажирские конвейеры, эскалаторы. Из-за своей большой распространенности вопросы, связанные с повышением их экономичности, являются актуальными. В работе рассматривается вариант включения преобразователей частоты, питающих асинхронные двигатели главного движения эскалаторов, обеспечивающий значительное снижение потребляемой электрической энергии. Достоинством работы является возможность внедрения предложенных решений на уже существующих эскалаторах при модернизации без замены существующих двигателей.

Ключевые слова: эскалаторы, асинхронный двигатель, экономия электрической энергии, преобразователи частоты, рекуперация.

In the modern world, it is impossible to do without carrying and lifting machines, which may be divided into machines of cyclic and continuous action. The machines of continuous action are paternosters, passenger conveyors, and escalators. Due to their high popularity, issues related to increasing their energy efficiency remain essential. The study considers an option of including frequency converters which feed asynchronous motors of escalator's working motion. This option provides a considerable reduction in consumed electrical energy. The merit of the study is possibility to introduce the suggested solutions into the existing escalators upon upgrading without substitution of the existing motors.

Keywords: escalators, asynchronous motor, electrical energy efficiency, frequency converter, recuperation.

Эскалаторы имеют ряд преимуществ по сравнению с лифтами, многокабинными подъемниками, фуникулерами и другими устройствами данного назначения. Основное преимущество эскалаторов – высокая производительность: при ширине полотна в 1 метр, лестничный эскалатор способен пропускать 10 000–17 000 человек в час (зависит от скорости захода пассажира на эскалатор и скорости движения эскалатора). Скорость движения лестничного полотна эскалатора находится в пределах 0,45–0,75 м/с. Также одним из преимуществ эскалатора является то, что пассажиру не приходиться ждать посадки и начала движения.

До последнего времени в приводах эскалаторов использовались асинхронные двигатели (АД) с фазным ротором и релейно-контакторной системой управления (рис. 1).

Особенностью электропривода эскалатора метрополитена является обязательное наличие резервного питания от линии энергоснабжения и устройства автоматического ввода резерва (АВР) [1].

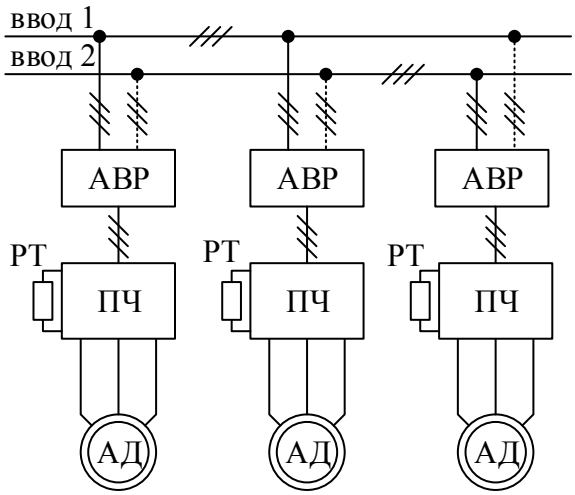


Рис. 1. Структурная схема электроприводов эскалатора на основе АД с фазным ротором

Сейчас наметилась тенденция внедрения преобразователей частоты (ПЧ) для регулирования скорости электродвигателя и замены АД с фазным ротором на АД с короткозамкнутым ротором. Такой электропривод обладает лучшими энергетическими и эксплуатационными характеристиками [2].

ПЧ обеспечивают бесконтактное управление АД и плавное регулирование скорости, что существенно уменьшает нагрузки на механическую часть эскалатора. Это, в свою очередь, снижает аварийность и увеличивает его срок службы. Необходимо отметить, что такая замена возможна и на эксплуатируемых эскалаторах с оставлением существующих АД при закорачивании фазного ротора.

На рис. 2(а) представлена функциональная схема трех индивидуальных электроприводов эскалаторов станции, традиционная структура ПЧ-АД с тормозными резисторами (РТ).

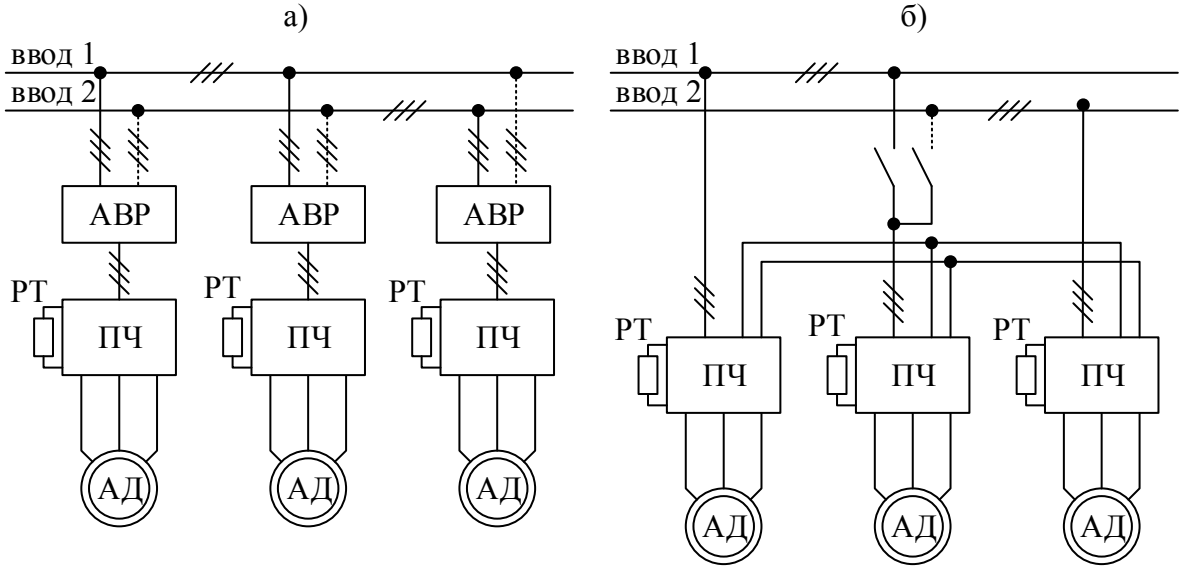


Рис. 2. Структурная схема электроприводов эскалатора ПЧ-АД:
а) – независимое включение ПЧ-АД; б) – включение ПЧ-АД с общей шиной постоянного тока

На рис. 3(а) показан результат расчета потребляемой электрической энергии (E_i) из питающей сети при моделировании работы двух электродвигателей эскалаторов, работающих на подъем (АД1) и на спуск (АД2) [3].

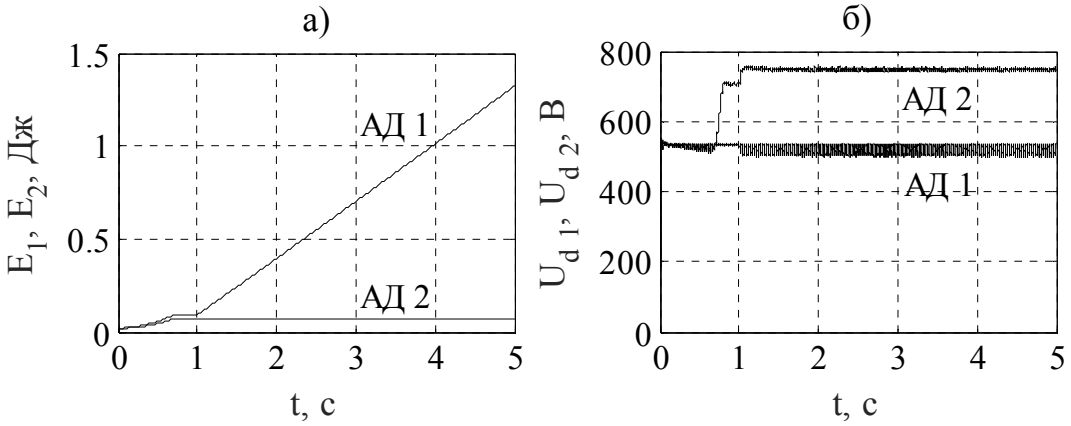


Рис. 3. Результат моделирования работы эскалатора при независимом включении ПЧ-АД:
а) – график изменения потребляемой электрической энергии; б) – график изменения напряжения на шине постоянного тока

Потребляемая электрическая энергия определялась следующим образом:

$$E_i = \int \frac{3I_{\phi i}U_{\phi i}\cos\varphi}{P_{\text{н}}}dt, \quad (1)$$

где $I_{\phi i}$ – потребляемый фазный ток на входе ПЧ-АД; $U_{\phi i}$ – фазное напряжение на входе ПЧ-АД; $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность АД.

Как видно из графиков изменения напряжений, в звене постоянного тока (АД1 и АД2) (рис. 3(б)) второй электродвигатель работает в режиме рекуперативного торможения и, благодаря наличию тормозных резисторов, на них рассеивается вырабатываемая энергия, что ограничивает рост напряжения.

Определим величину тормозной энергии, рассеиваемой в тормозных резисторах при движении вниз, для эскалатора (рис. 4):

$$E_{\text{ТОРМ}} = E_{\text{К}} - E_{\text{П}}, \quad (2)$$

где $E_{\text{К}}$ – кинетическая энергия; $E_{\text{П}}$ – потенциальная энергия.

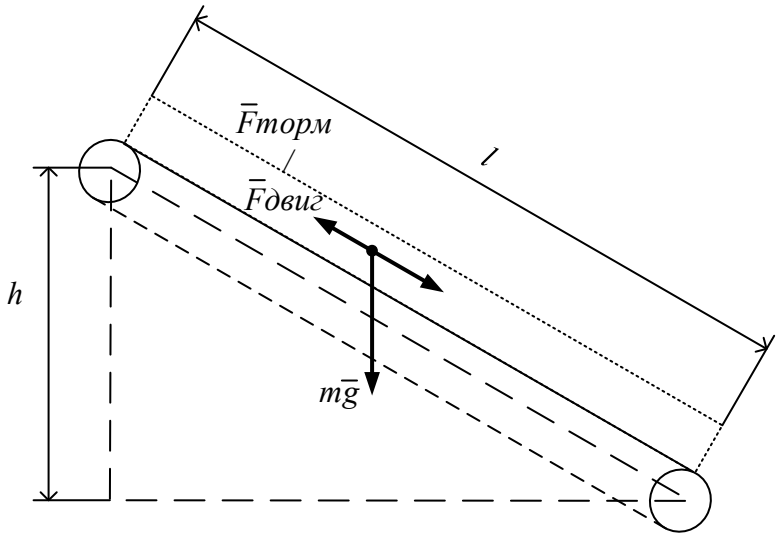


Рис. 4. Расчетная схема

Величину энергии двигателя, затрачиваемую при движении вверх, определим как

$$E_{\text{АД}} = E_{\text{К}} + E_{\text{П}}. \quad (3)$$

Из формул (2) и (3) видно, что при работе эскалатора на спуск выделяется энергия, соизмеримая с энергией, затрачиваемой во время работы на подъем, и ее необходимо рассеивать в тормозных резисторах.

Для использования энергии торможения предлагается объединить ПЧ по шине постоянного тока (рис. 2(б)). Предлагаемое решение позволяет перераспределять электрическую энергию между электроприводами, работающими на подъем и на спуск, и отказаться от использования АВР.

Результат расчета потребляемой электрической энергии из питающей сети при моделировании работы двух электродвигателей эскалаторов, работающих на подъем (АД1) и на спуск (АД2), включенных по схеме с общей шиной постоянного тока, показан на рис. 5. Из графиков видно, что такая схема позволила значительно сократить потребление электрической энергии за счет ее перераспределения между работающими в разных режимах электроприводами.

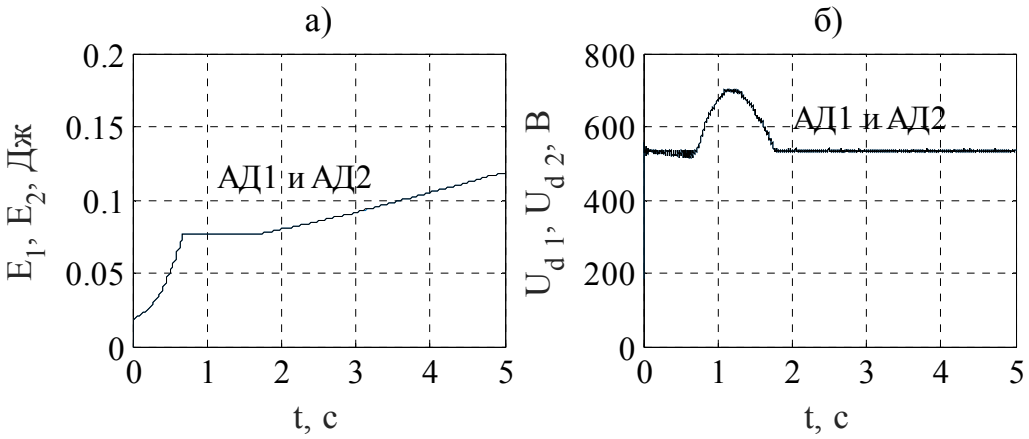


Рис. 5. Результат моделирования работы эскалатора при включении ПЧ-АД с общей шиной постоянного тока:
а) – график изменения потребляемой электрической энергии;
б) – график изменения напряжения на шине постоянного тока

Литература

1. ПБ 10-77-94. Правила устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов. Серия 10. Выпуск41 / Госгортехнадзор России. – 2-е изд., испр. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. – 102 с.

2. *Соколовский Г. Г.* Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для вузов / *Г. Г. Соколовский*. – М.: Изд-во «Академия», 2006. – 272 с.

3. *Шаряков В. А.* Компьютерное исследование характеристик и режимов работы асинхронных двигателей / В. А. Шаряков, О. Л. Шарякова, В. М. Шестаков. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008. – 40 с.

Научное издание

АРХИТЕКТУРА – СТРОИТЕЛЬСТВО – ТРАНСПОРТ

Материалы 72-й научной конференции профессоров,
преподавателей, научных работников, инженеров
и аспирантов университета

5–7 октября 2016 г.

Часть II

ТРАНСПОРТНЫЕ И ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 29.12.2016. Формат 60×84 1/8. Бум. офсетная.
Усл. печ. л. 35. Тираж 500 экз. Заказ 200. «С» 94.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/8, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ