



Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет



**ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА ПОТОЧНОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**I Всероссийская научно-практическая конференция,  
посвященная 95-летию со дня рождения профессора  
Виктора Алексеевича АФАНАСЬЕВА**

**19–20 февраля 2018 года**

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

I Всероссийская научно-практическая конференция,  
посвященная 95-летию со дня рождения профессора  
Виктора Алексеевича Афанасьева

19–20 февраля 2018 года

Санкт-Петербург  
2018

УДК 69.003.658

**Петербургская школа поточной организации строительства: I Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 95-летию со дня рождения профессора Виктора Алексеевича Афанасьева. 19–20 февраля 2018 года / под общ. редакцией Е. Б. Смирнова; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – 106 с.**

ISBN 978-5-9227-0813-5

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете с 19 по 20 февраля 2018 года прошла I Всероссийская научно-практическая конференция «Петербургская школа поточной организации строительства», посвященная 95-летию со дня рождения профессора Виктора Алексеевича Афанасьева. В конференции приняли участие более 30 ученых и практиков из России, Эстонии, Польши.

В данном сборнике представлены статьи участников I Всероссийской научно-практической конференции по направлению «Календарное планирование строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации зданий, сооружений и комплексов объектов». Цель конференции: обсуждение опыта теории и практики планирования современного строительства.

Редакционная коллегия:

Е. Б. Смирнов (отв. редактор)  
В. К. Нефедова  
Ч. О. Бахтинова

ISBN 978-5-9227-0813-5

© Коллектив авторов, 2018  
© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2018

**УДК 69.003:658.012**

*Леонид Михайлович Колчеданцев*, д-р. техн. наук, профессор  
*Александр Данилович Дроздов*, канд. техн. наук, доцент  
*Ирина Геннадьевна Осипенкова*, старший преподаватель  
*Ольга Геннадиевна Ступакова*, старший преподаватель  
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: orgst@spbgasu.ru*

*Leonid Mihailovich Kolchedancev*, Dr. of Sci. Eng., Professor  
*Aleksandr Danilovich Drozdov*, PhD of Sci. Techn., Associate Professor  
*Irina Gennadyevna Osipenkova*, Assistant Professor  
*Stupakova Olga Gennadijevna* Assistant Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: orgst@spbgasu.ru*

## **ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **PETERSBURG SCHOOL PRODUCTION ORGANIZATION OF CONSTRUCTION**

В статье приводятся основные научные достижения крупнейшего советского ученого в области поточной организации строительства доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой Организации строительства, СПбГАСУ В.А. Афанасьева. Признание его заслуг выражено в присвоении почетных званий, в награждении многочисленными знаками отличия Российской Федерации.

Развитие петербургской поточной организации строительства продолжается и в настоящее время. В разработку теории поточной организации работ выполнили свои исследования и внесли свой вклад не только петербургские ученые, но и ученые других городов и стран, работающие в самом тесном контакте и на основе тех же принципов, что и петербуржцы.

*Ключевые слова:* поточная организация строительства, календарное планирование, методы организации работ, неритмичные потоки, способы оптимизации

The article presents the main scientific achievements of leading Soviet scientist in the field of production organization of construction, doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of Organization of construction, SPSUACE V. A. Afanasyev. Recognition of his services expressed in the conferment of honorary titles, in awarding numerous insignia of the Russian Federation.

The development of the St. Petersburg production of construction organization continues at the present time. In developing the theory of production organization of work performed its research and has contributed not only to the St. Petersburg scientists, but also scientists from other cities and countries, working in close contact on the basis of the same principles that the scientists of St. Petersburg.

*Keywords:* production organization of construction, scheduling, work management methods, spasmodic streams, the ways of optimization

23 февраля исполняется 95 лет со дня рождения Виктора Алексеевича Афанасьева – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой Организации строительства, СПбГАСУ в период с 1977 по 1998 годы.

Научный потенциал В.А. Афанасьева, аналитический склад его ума в наибольшей мере проявился в области поточной организации работ. По этой тематике он, будучи заведующим кафедрой организации строительства военно-инженерного института им. А. Ф. Можайского, в 1972 году защитил докторскую диссертацию.

Для того чтобы оценить значимость работ В.А. Афанасьева в этой области знаний, рассмотрим состояние дел в календарном планировании, сложившееся к 1972 году.

В 1895 году американец Ф.Л. Гант предложил календарный план в виде линейного графика, в котором указывалось время выполнения работ, изображавшихся в виде прямой линии в каком-либо масштабе времени.

В середине 30-х годов прошлого века А.И. Неровецкий и С.М. Будников разработали и форму календарного плана в виде циклограммы: по горизонтали – время выполнения работы, а по вертикали – место выполнения работы. С использованием циклограмм достаточно просто определить продолжительность ритмичных потоков и несколько сложнее – продолжительность кратноритмичных потоков (сходящихся и расходящихся).

В 1958 году Дж. Келли и М.Р. Уолкер ввели в практику организации работ ориентированные графы – сетевые графики.

Для определения продолжительности неритмичных потоков В.В. Чихачев в 1947 году разработал графический метод, который обеспечивал требуемую точность, но был трудоемок.

Методики расчета неритмичных потоков не существовало. Каждый частный поток усредняли и приводили их к разноритмичным потокам, что не обеспечивало требуемую точность календарных планов.

Только к 1972 году В.А. Афанасьев разработал методики формирования, расчета и оптимизации неритмичных потоков, включая их разновидности (с непрерывным использованием ресурсов (НИР), с непрерывным освоением фронтов (НОФ), по методу критических работ (МКР), выявленных при их различном сочетании учитываемых связей, и другие).

Существенный вклад Виктором Алексеевичем внесен в теорию оптимизации неритмичных потоков. Сокращения времени потока до 20% он добивался за счет изменения очередности освоения фронтов работ. Используя алгоритм Джонсона и порфириан (дерево цели с непересекающимися ветвями) В.А. Афанасьев впервые в мире решил задачу поиска оптимальной очередности освоения фронтов работ без полного перебора всех возможных вариантов. Основы теории формирования, расчета и оптимизации неритмичных потоков системно изложены в фундаментальной монографии Поточная организация строительства, Л., Строиздат, 1990 г., 304 с.

Дальнейшее развитие теории поточной организации строительства получено в последующих работах как самого Виктора Алексеевича, так и его учеников. Совокупность положений работ В.А. Афанасьева и его последователей позволило говорить о петербургской школе поточной организации работ, основу которой составляет нижеследующее.

Систематизированы известные связи (ресурсные, фронтальные) и введены понятия новых связей (ранговых и специальных). Систематизированы известные методы организации работ: беспростойная работа бригад (НИР), непрерывное освоение фронтов (НОФ), метод критических работ (МКР), выявленных при различном сочетании учитываемых связей, и разработаны методики их расчета.

Разработаны методики формирования, расчета и оптимизации комплексных потоков.

Комплексные потоки формируются из предварительно составленных объектных в виде комбинированного (КПК), обеспечивающего полное сохранение структуры объектных потоков (за счет смещения сроков выполнения последующего потока на величину максимальной разницы между сроками окончания ресурсных комплексов работ в предшествующем объектном потоке и начала в последующем. При этом межобъектные ресурсные связи в других комплексах получают растяжение.); агрегированного (КПА), обеспечивающего непрерывность выполнения комплексов работ, т. е. отсутствие простоя бригад при переходе из одного объектного строя в другой (за счет разрушения структуры объектных потоков и начала каждого последующего вида работ в составе комплексного потока в сроки, обеспечивающие непрерывность производства работ); уплотненного (КПУ), обеспечива-

ющего максимально возможное сближение ресурсных и фронтальных комплексов работ в составе комплексного потока. (При этом, как правило, имеет место разрушение структуры второго и последующих объектных потоков).

Сравнение разновидностей комплексного потока показывает, что КПК обеспечивает минимальную продолжительность объектных потоков, но при этом имеет место растяжение межобъектных ресурсных связей (простои бригад) и не гарантируется минимальная продолжительность общего комплекса работ (комплексного потока). КПА обеспечивает отсутствие растяжения межобъектных ресурсных связей, но при этом имеет место увеличение продолжительности объектных потоков и не гарантируется минимальная продолжительность общего комплекса работ (комплексного потока). КПУ обеспечивает достижение гарантированного минимума продолжительности общего комплекса работ, но допускает увеличение продолжительности объектных потоков и ресурсных комплексов работ.

Следовательно, выбор лучшего варианта комплексного потока должен производиться, как и в случае выбора лучшего варианта объектного потока, путем всесторонней оценки конкурентоспособных вариантов. Это является одним из основных положений петербургской школы поточной организации работ.

Разработана методика формирования и расчета параллельно-поточной организации работ.

Установлено, что назначение дополнительных однотипных бригад может привести к уменьшению продолжительности потока и рассматривается как один из способов оптимизации потоков по критерию достижения минимальной продолжительности. Однако в определенных случаях назначение дополнительных однотипных бригад не приводит к уменьшению продолжительности, а иногда (при введении маломощных бригад) даже удлиняет ее. Прежде, чем вводить дополнительные бригады, нужно установить порядок ввода и маршруты движения как основных, так и дополнительных бригад, нужно оценить оптимальность очередности освоения фронтов работ, так и при переходе от индивидуально-поточной организации работ к параллельно-поточной она изменяется.

Предложены два принципиально различных варианта назначения дополнительных бригад на ресурсные комплексы работ в целом и выборочно на отдельные работы.

В первом случае дополнительные однотипные бригады назначаются на наиболее продолжительные виды работ с целью уменьшения их продолжительности до уровня других, т. е. превращения неритмичного потока в гармоничный поток с равными продолжительностями всех видов работ. Опыт подсказывает, что гармоничный поток, как правило, обладает наиболее высокой степенью эффективности.

Порядок ввода в поток дополнительных однотипных бригад может быть любым (случайным или с каким-либо логическим обоснованием), и каждый из них приводит к формированию собственных вариантов организации работ. Опыт показывает, что лучшие результаты формирования параллельно-поточной организации работ достигаются при использовании логически обоснованных алгоритмов.

Формирование и оптимизация организации работ требуют постоянной оценки и сравнения конкурентоспособных вариантов с целью выбора наиболее соответствующего конкурентным условиям производства. Поэтому важной составляющей петербургской школы поточной организации работ является разработка системы комплексной оценки вариантов, включающей в себя как индивидуальные, так и дифференциальные (частные) критерии, объединяемые с учетом их значимости в комплексный интегральный критерий.

Выше рассмотрены только основные составляющие петербургской школы поточной организации работ. В действительности она значительно богаче (например, рассматривает вопросы формирования потоков при неодинаковой разбивке общего фронта работ на частные по различным видам работ; рассматривает влияние проектирования организации работ на структуру строительных организаций; включает в себя алгоритмы формирования, оптимизации и сравнения методов (вариантов) организации работ с применением ЭВМ и т. д.) и продолжает активно развиваться. В частности, всесторонне исследовано влияние принятых к производству вариантов организации работ на сметную стоимость строительства, ремонта и реконструкции объектов, разработана методика формирования строительных организаций, соответствующих характеру, объемам и методам организации работ.

Петербургская школа поточной организации работ начала формироваться Военной инженерной академии, ныне Военной инженерной космической академии им. А.Ф. Можайского и продолжила формирование в ныне Санкт-Петербургском государственной архитектурно-строительном университете, а также ряде других вузов страны и за рубежом.

В разработку теории поточной организации работ, методики, алгоритмов и программ выполнения расчетов на ЭВМ наряду с ее руководителем В.А. Афанасьевыми, часто при его консультации и научном руководстве, выполнили свои исследования и внесли свой вклад следующие петербургские ученые, а также ученые других городов и стран, работающие в самом тесном контакте и на основе тех же принципов, что и петербуржцы, а именно: доктора технических наук, профессора С.А. Болотин, В.З. Величкин, Б.В. Зинков (Казахстан), В.В. Костюченко, Ю. Мрозович (Польша), К. Фидлер (Германия), А.И. Шишкин, В.П. Хибухин; кандидаты технических наук, доценты, А.В. Афанасьев, Р.Ф. Дурицына, П.А. Козин, В.Ф. Александрова, В.П. Асташенков, Г.А. Афанасьева, Г.И. Василевский, А.Н. Вихров, Е.Р. Воронина, В.И. Втюрин, М. Худи (Сирия), Т.Н. Измайлов (Чехия), О.Н. Красавина, О.В. Крифукс, Г.В. Крылов, О.Н. Лаврентьев, В.М. Челнокова, Х. Мендибуру (Куба), Л.Д. Митрофанова, Т.Ф. Морозова, М. Хеддур (Сирия), З. Хейдуцки (Польша), М. Шабан (Сирия), К. Висти (Финляндия), А.Х. Дадар, В.К. Нефедова, И.Е. Румянцева, Е.Ю. Сатаева, А.Г. Тетерин.

В результате проведенных исследований подготовлены и успешно защищены более 40 докторских и кандидатских диссертаций, сформулированы принципы, установлены критерии и выявлены зависимости, сформированы и доказаны более 100 теорем, все основные положения и рекомендации, алгоритмы и программы выполнения расчетов на ЭВМ, проверены в производственных условиях на их работоспособность и полезность, сделаны сотни докладов на международных и отечественных конгрессах, конференциях, симпозиумах, семинарах, сделаны сотни публикаций в стране, странах СНГ, а также зарубежных странах (в Англии, Вьетнаме, Германии, Канаде, Китае, на Кубе, в Мексике, Польше, США, Сирии, Финляндии, Франции, Чехии).

Наиболее полно результаты исследований опубликованы в книгах: Афанасьев В.А., Афанасьев А.В. «Проектирование организации строительства, организации и производства работ» (Л., ЛИСИ, 1988 г., 100 с.); Афанасьев В.А. «Поточная организация строительства» (Л., Стройиздат, 1990 г., 304 с.); Афанасьев В.А., Афанасьев А.В., Валеева (Нефедова) В.К., Власов В.Н. «Новые разновидности поточной организации строительства» (СПб., 1991 г., 153 с.); Афанасьев А.В. «Развитие теории и практики управления проектами в строительстве» (труды международного симпозиума по современному управлению проектами, М., изд. «ТриЛ», 1995 г., с. 555–600).

Признание заслуг Виктора Алексеевича выразилось в том, что в свое время, он был избран почетным членом Российской академии архитектуры и строительных наук, действительным членом Петровской академии наук и искусств, Российской федерации жилищно-коммунальной академии, Академии строительства Украины, член-корреспондент Международной инженерной академии и Российской инженерной академии, награжден знаком «Почетный строитель России» и почетным званием «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации».

В заключении следует отметить, что пик творческой активности В.А. Афанасьева пришелся на советский период нашей страны, т. е. на период плановой экономики. Основные положения поточной организации строительства отдельных объектов (индивидуальные потоки) не потеряли своей актуальности и в наше время. Отдельные положения теории поточной организации строительства комплекса объектов (комплексные потоки) требуют некоторого переосмысления с позиций особенностей рыночной экономики.

Светлая память о Викторе Алексеевиче Афанасьеве навсегда останется в наших сердцах, а по его трудам будут учиться многие поколения специалистов, как в России, так и за ее пределами.

### **Литература**

1. Афанасьев В.А., Афанасьев А.В. Проектирование организации строительства, организации и производства работ. Л., ЛИСИ, 1988 г. 100 с.
2. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л., Стройиздат, 1990 г. 304 с.
3. Афанасьев В.А., Афанасьев А.В., Валеева (Нефедова) В.К., Власов В.Н. Новые разновидности поточной организации строительства. СПб., 1991 г. 153 с.
4. Афанасьев А.В. Развитие теории и практики управления проектами в строительстве // труды международного симпозиума по современному управлению проектами. М., изд. «ТриЛ», 1995 г. С. 555-600.

#### **УДК 658.512.6:658.527:69**

*Сергей Владимирович Бовтеев*, канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: SergeiBovteev@gmail.com*

*Sergei Vladimirovich Bovteev*, Ph.D. of Sci. Eng., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: SergeiBovteev@gmail.com*

## **РАСЧЁТ ПОТОКОВ С НЕПРЕРЫВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ МЕТОДОМ КРИТИЧЕСКОГО ПУТИ**

## **CULCULATION OF FLOWS WITH CONTINUOUS USE OF RECOURCES BY THE CRITICAL PATH METHOD**

Актуальными остаются проблемы оптимизации организации строительного производства, уменьшения продолжительности строительства объектов и сокращения простоев ресурсов. Для решения этих проблем широко используются модели поточной организации строительства и сетевые модели, при этом в большинстве источников эти модели противопоставляются друг другу.

В настоящей статье показана единая природа поточного метода с непрерывным использованием ресурсов и сетевого метода планирования, также известного как метод критического пути. Представлен алгоритм расчёта потока с непрерывным использованием ресурсов методом критического пути. Представленный алгоритм может быть интересен при применении современного программного обеспечения управления проектами для моделирования сроков выполнения строительных работ.

*Ключевые слова:* календарное планирование, поточная организация строительства, метод критического пути, метод с непрерывным использованием ресурсов, сетевое моделирование.

There are the problems of optimizing the organization of construction, reducing the construction project durations and reducing downtimes. The models of the stream type work organizations and network models are widely used to solve these problems. These models are opposed to each other in most sources.

This article shows the unified nature of the stream type method with the continuous use of resources and the network planning method as known as the critical path method. An algorithm for calculating the schedule with continuous use of resources by the critical path method is presented in this article. This algorithm can be of interest when applying modern project management software for construction project scheduling.

*Keywords:* scheduling, stream type work organization of construction, critical path method, method with continuous use of resources, network modeling.

По мере увеличения технической сложности строительных работ, роста производственных связей, повышения объёмов строительства возрастало значение предварительной организационной подготовки процесса возведения объектов, особенно формирования календарных планов производства работ как одной из наиболее существенных составляющих эффективности строительного производства.

Ещё с началом индустриализации народного хозяйства в 1930-х годах в нашей стране резко возросли масштабы строительства, был инициирован переход на подрядный способ организации работ, повысился уровень механизации. Благодаря этому появилась острая потребность в совершенствовании методов планирования строительства объектов. Работы В.И. Батурина, М.С. Будникова, О.А. Вутке и многих других ученых и практиков были направлены на создание теории расчета ритмичных потоков, а затем – и неритмичных потоков [1]. Таким образом к началу 1940-х годов были разработаны достаточно эффективные для массового строительства методы поточной организации работ, предполагающие возможность составления графиков производства строительных работ.

В середине 1950-х годов в США появилась необходимость разработки методики, позволяющей выполнять расчеты календарных планов строительства на ЭВМ. Американские специалисты Дж. Келли и М. Уолкер применили теорию графов для моделирования строительных работ преимущественно на уникальных объектах [2], получив в результате метод критического пути (МКП) или, как его стали называть в нашей стране, метод сетевого планирования и управления (СПУ).

Сразу после появления и признания СПУ стали предприниматься попытки его увязки с поточной организацией работ. В.А. Афанасьев определил в качестве основного принципа поточной организации одновременное выполнение разнотипных работ при максимально возможном их сближении и обеспечении непрерывности использования ресурсов, либо непрерывности освоения частных фронтов (захваток), либо непрерывности выполнения критических работ [3]. Это положение утвердило общность сетевых и поточных методов, а также предоставило возможность разработать классификацию связей между работами и на её основании предложить полную классификацию методов организации работ, включающую как уже известные, так и новые разновидности потоков.

Таким образом, согласно предложенной В.А. Афанасьевым классификации [3] к основным методам поточной организации работ относятся:

1. Метод с непрерывным использованием ресурсов (НИР), обеспечивает нулевое растяжение ресурсных связей при максимальном растяжении фронтальных связей между работами.

2. Метод с непрерывным освоением частных фронтов (НОФР), обеспечивает нулевое растяжение фронтальных связей при максимальном растяжении ресурсных связей между работами.

3. Метод с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей (КР), обеспечивает непрерывное выполнение критических работ, что гарантирует минимальную общую продолжительность работ по сравнению с другими методами.

В научной и учебной литературе зачастую либо противопоставляют поточные методы организации строительства сетевым методам, либо называют метод критического пути частным случаем поточной организации работ, при этом отмечая, что методы НИР и НОФР, в отличие от метода КР, не содержат некритических работ [3].

Вместе с тем утверждению о том, что метод критического пути является одним из методов поточной организации работ, может быть противопоставлено противоположное утверждение: потоки НИР и НОФР являются частными случаями метода критического пути, основанного на сетевом моделировании комплекса работ. Данное положение не отменяет единой сущности планирования работ как за счёт формирования потоков, так и создания сетевых моделей: разбивки общего комплекса на отдельные работы и установки связей между работами.

В последнее время расчёт методов поточной организации работ принято вести аналитическим способом в матрице. В большинстве случаев в качестве исходных данных выступает комплекс из  $N$  работ, каждая из работ последовательно выполняется на каждой из  $M$  захваток. После формирования исходных данных на матрице рассчитываются несколько способов производства работ (НИР, НОФР, КР), после чего выбирается оптимальный способ, который принимается к исполнению. Задача расчёта сроков работ и определения общей продолжительности всего комплекса относится к задачам теории расписания [4].

Исходные данные для расчёта отображаются на матрице, представляющей собой двумерный массив, где в столбцах представлены виды работ, а в строках – захватки, по системе «Ордината – фронт работ» (ОФР). В ячейках матрицы отображены продолжительности работ (рисунке).

ОФР	1	...	$j$	...	$N$
$I$	$t_{I1}$	...	$t_{Ij}$	...	$t_{IN}$
...	...	...	...	...	...
$i$	$t_{i1}$	...	$t_{ij}$	...	$t_{in}$
...	...	...	...	...	...
$M$	$t_{M1}$	...	$t_{Mj}$	...	$t_{MN}$

Отображение исходных данных для расчета расписания работ на матрице

В ряде источников [3] указано, что в случае метода НИР все работы являются критическими. Согласно [6] под критическими работами понимают работы, при увеличении продолжительности или задержке, начала которых на некоторую величину происходит увеличение продолжительности всего комплекса работ на аналогичную величину. Таким образом, работы, продолжительность которых можно

увеличить на определённую величину без увеличения общей продолжительности работ называются не критическими работами, а величина, на которую можно увеличить продолжительность не критических работ без влияния на общую продолжительность, называется общим резервом времени. В результате анализа матрицы потока с НИР можно обнаружить отдельные работы, которые обладают резервами времени, поэтому относятся к не критическим.

Известно [3], что при выполнении работ, находящихся на матрице «выше» критического пути в поздние сроки, а работ, находящихся «ниже» критического пути в ранние сроки, суммарное растяжение ресурсных связей минимизируется, а общая продолжительность остаётся прежней. В большинстве случаев продолжительность комплекса работ, определённая в соответствии с методом НИР, будет выше продолжительности того же комплекса работ, но рассчитанного методом КР. Это произойдет за счёт появления растяжений фронтальных связей между работами разных видов, лежащих на критическом пути.

В работе [6] дано определение критической связи, как конечно-начальной связи, соединяющей две критические работы. При этом было установлено, что любое растяжение критической связи приведет к увеличению общей продолжительности комплекса работ на ту же величину. Поэтому при необходимости обеспечения своевременности строительства объекта критическим связям следует уделять такое же внимание, как и критическим работам.

С другой стороны, выполнение требования непрерывности использования ресурсов (т. е. недопущения простоев бригад при переходе с одной захватки на другую) можно трактовать как необходимость учесть в процессе расчёта методом критического пути необходимые ограничения, другими словами задать определённые растяжения фронтальных критических связей. При этом можно заранее определить, какие именно фронтальные критические связи должны получить растяжения, а также величины этих растяжений.

В этих целях предлагается использовать следующий принцип: для определения требуемой величины фронтальной критической связи между работами  $j$ -го и  $(j-1)$ -го видов следует сложить две величины:

1. Период развертывания  $j$ -го вида работ относительно  $(j-1)$ -го при условии, что критическая работа  $j$ -го вида (в которую входит рассматриваемая фронтальная критическая связь) считается первой.

2. Период свертывания  $j$ -го вида работ относительно  $(j-1)$ -го при условии, что критическая работа  $j$ -го вида (в которую входит рассматриваемая фронтальная критическая связь) считается последней.

Таким образом, предлагается следующий алгоритм расчёта потока с непрерывным использованием ресурсов методом критического пути:

1. Сформировать матрицу продолжительностей работ в формате ОФР («Ордината – фронт работ») и рассчитать сроки выполнения каждой работы традиционным методом критического пути, определить резервы времени работ и выявить критический путь.

2. Принять, что работы, расположенные на матрице «выше» и «правее» критического пути, выполняются в поздние сроки, а работы, расположенные на матрице «ниже» и «левее» критического пути, выполняются в ранние сроки.

3. Определить критические связи между видами работ (критические фронтальные связи), которым необходимо задать растяжение.

4. Рассчитать величины растяжения для каждой критической фронтальной связи. Растяжения критической фронтальной связи между работами  $j$ -го и  $(j-1)$ -го видов рассчитываются как сумма периода развёртывания  $j$ -го вида работ относительно  $(j-1)$ -го при условии, что данная работа рассматривается в качестве первой (те строки матрицы, которые расположены выше данной, условно отбрасываются) и периода свёртывания  $j$ -го вида работ относительно  $(j-1)$ -го при условии, что данная работа рассматривается в качестве последней (т. е. строки матрицы, которые расположены ниже данной, условно отбрасываются).

Данные расчёты могут быть справедливы и для метода с непрерывным освоением фронтов работ (НОФР), в случае, если данный метод рассчитывается на матрице системы ОВР («Ордината – вид работ»), а также при условии соответствующих изменений терминологии – в частности, вместо понятия «вид работ» нужно будет употреблять понятие «фронт работ» и т. д.

Представленные рассуждения могут быть полезны для моделирования параметров строительных потоков с использованием современного программного обеспечения управления проектами, основанного исключительно на алгоритмах метода критического пути [7]. В этом случае противопоставление методов поточной организации работ методу критического пути нецелесообразно, а, наоборот, необходимо приведение данных методов к единой основе.

### Литература

1. Будников М.С., Недавий П.И., Рыбальский В.И. Основы поточного строительства / под ред. М.С. Будникова. Киев: Госстройиздат УССР, 1961. 416 с.: ил.
2. Kelly G.E., Walker M.R. Critical Path planning and scheduling: a summary. N.Y.: Mauchly associates, 1960. 40 p.
3. Афанасьев В.А. Афанасьев А.В. Организация и планирование строительного производства. Поточная организация работ: Учебное пособие / СПбГАСУ. СПб. 1999. 62 с.: ил.
4. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний / пер. с англ. В.А. Кокотушкина, Д.Г. Михалева; под ред. Г.П. Баширина. М.: Наука, 1975. 359 с.:ил.
5. Бовтеев, С.В. Управление инвестиционными строительными проектами на основе Primavera / С.В. Бовтеев, Е.В. Колосова, Е.И. Рыбнов, В.И. Фролов, А.В. Цветков; под ред. С.В. Бовтеева и А.В. Цветкова. М.: ЗАО «ПМСОФТ»; СПб: СПбГАСУ, 2008. 464 с.:ил.
6. Бовтеев, С.В. Развитие теории и практики формирования и оптимизации параллельно-поточной организации работ: Дис... канд.техн.наук / СПбГАСУ. СПб., 2000. 259 с.:ил.
7. Болотин С.А., Нефёдова В.К. Комбинаторная оптимизация в программах управления проектами // Известия высших учебных заведений. Строительство, 2003. № 6. С. 47-51.

### УДК 332.832.22

*Вера Михайловна Челнокова*, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: chelnokova.v.m@lan.spbgasu.ru*

*Vera Mikhailovna Chelnokova*,  
Ph.D. of Sci. Eng., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: chelnokova.v.m@lan.spbgasu.ru*

## ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАСТРОЙКИ НАСЕЛЁННЫХ МЕСТ

### ORGANIZATION OF COMPLEX DEVELOPMENT OF POPULATED AREAS

Статья посвящена организации строительства градостроительных комплексов. Определен порядок формирования и расчета поточной организации работ при жилой застройке.

*Ключевые слова:* жилой комплекс, организация, комплексное освоение территории, календарное планирование.

The article is devoted to the organization of construction of town-planning complexes. The order of formation and calculation of the flow organization of works for residential development is determined.

*Keywords:* residential complex, organization, complex development of the territory, calendar planning.

Комплексная застройка населенных мест представляет собой интегрированную систему, которая должна обеспечить все сферы жизнедеятельности населения.

Жилая застройка составляет наибольшую долю среди различных видов землепользования населенных мест. Комплексность застройки предполагает ее встроенность в общую схему территориального развития при формировании однородной среды обитания. Она включает инженерную инфраструктуру, транспортную обеспеченность, социальные объекты, общественно-деловые, торгово-развлекательные объекты, организацию общественных пространств. Комплексная застройка позволяет создать территорию с высокой степенью автономности для человека, который может жить, работать, отдыхать, обеспечивать себя необходимыми товарами, заниматься спортом непосредственно на территории проживания.

Комплексная застройка населенных мест основывается на комплексном освоении территории (КОТ), определение которого дано в Градостроительном кодексе.

«Комплексное освоение территории включает в себя подготовку документации по планировке территории, образование земельных участков в границах данной территории, строительство на земельных участках в границах данной территории объектов транспортной, коммунальной и социальной инфраструктур, а также иных объектов в соответствии с документацией по планировке территории» [1].

Комплексная застройка имеет и свои недостатки, связанные с длительным сроком строительства. Проекты КОТ предполагают несколько очередей и, как правило, строительство объектов инфраструктуры значительно отстает от возведения жилых зданий, что создает большие неудобства для населения.

Для поэтапного введения объектов КОТ в эксплуатацию предлагается разбивка всего проекта на градостроительные комплексы (градкомплексы).

Градкомплексы представляют собой часть проекта КОТ, включающий несколько 3–4 жилых объекта, обеспеченных социальной инфраструктурой, благоустройством и озеленением. Выделение градкомплексов предполагает ввод жилых дома в эксплуатацию, обеспеченных дорогами и тротуарами, объектами социальной инфраструктуры, благоустройством и озеленением.

Масштабность и длительности застройки предполагает сложный и многоэтапный процесс календарного планирования проектов КОТ.

Календарное планирование комплексной застройки населенных мест предполагает, как разработку планов организации строительства отдельных объектов, так и организацию строительства градостроительных комплексов, а также всего проекта КОТ в целом.

Календарные планы производства работ по объектам комплекса, на которые имеется проектная и рабочая документация, разрабатываются на основе вариантной проработки индивидуально-поточной организации работ с учетом физических объемов и продолжительностей работ на объектах [3].

Календарные планы возведения градкомплексов разрабатываются на основе вариантного анализа комплексных потоков [9], объединяющих объектные потоки. Необходимость в таком объединении состоит в том, что бригады, завершив работы

на одном объекте в составе одного объектного потока, переходят на другой объект. Кроме того, увязывается работа машин и механизмов на всех объектах.

Основными разновидностями комплексных потоков являются:

- комплексный поток комбинированный (КПК);
- комплексный поток агрегированный (КПА);
- комплексный поток уплотненный (КПУ)

Комплексный поток комбинированный (КПК) обеспечивает сохранение параметров объектных потоков при сведении их в общий комплекс.

Для расчета КПК сначала формируется матрица исходных данных (табл. 1).

*Таблица 1*

**Матрица исходных данных для расчета комплексных потоков**

№ объект-ного потока	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	$T_{\text{объекта}}$
1	0–14	7–31	31–69	69–73	71–81	76–95	86–119	109–128	128
$t_{\text{смещ.}}$	14	25	22	–32	–26	–16	2	–20	–
2	0–24	6–47	47–105	105–113	107–123	111–135	117–166	148–172	172
$t_{\text{смещ.}}$	24	41	90	61	69	79	104	81	–
3	0–18	6–35	15–56	52–58	54–60	56–74	62–103	91–109	109

Объектные потоки в матрице представляются в виде сроков начала и окончания каждой работы. Определяются все возможные величины смещения ( $t_{\text{смещ}}$ ) по каждому виду работ между каждой парой смежных объектных потоков. Смещения рассчитываются исходя из условия беспростойного перехода каждой бригады из предшествующего объектного потока в последующий.

Выявляются максимальные смещения между каждой парой смежных объектных потоков. Максимальное смещение последующего объектного определяет его начало по отношению к началу предшествующего.

Общая продолжительность комплексного потока определяется суммой смещения второго и последующих объектных потоков, и продолжительности последнего (в очереди) объектного потока. При этом сроки выполнения каждого вида работ во втором по очереди объектном потоке и в каждом последующем определяются путем прибавления к срокам выполнения этих работ (установленным при независимом их формировании) нарастающей величины смещения (для второго в очереди объектного потока – это величина его смещения, для третьего в очереди объектного потока – это величина его и предшествующего смещения). Данные результатов расчета КПУ приведенные в табл. 2.

*Таблица 2*

**Матрица результатов расчета комплексного потока комбинированного (КПК)**

№ объект-ного потока	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	$T_{\text{объекта}}$
1	0–14	7–31	31–69	69–73	71–81	76–95	86–119	109–128	128
$t_{p,cb}$	11	0	3	57	51	41	23	45	–
2	25–49	31–72	72–130	130–138	132–148	136–160	142–191	173–197	172
$t_{p,cb}$	80	63	14	43	35	25	0	23	–
3	129–147	135–164	144–185	181–187	183–189	185–203	191–232	220–238	109

В матрице дополнительно рассчитываются совмещения в выполнении видов работ в каждом объектном потоке ( $t_{совм}$ ) и растяжения ресурсных связей ( $t_{р.связь}$ ).

Комплексный поток агрегированный (КПА) формируется при условии обеспечения беспростойного перехода бригад из предшествующих объектных потоков в последующие (табл. 3).

Таблица 3

Матрица результатов расчета комплексного потока агрегированного (КПА)

№ объектного потока	А	$t_{фр.с}$	Б	$t_{фр.св.}$	В	$t_{фр.св.}$	Г	$t_{фр.св.}$	Д	$t_{фр.св.}$	Е	$t_{фр.св.}$	Ж	$t_{фр.св.}$	З	Т <sub>объекта</sub>
		в.		св.		св.		св.		св.		св.		св.		
		$t_{совм}$		$t_{совм}$		$t_{совм}$		$t_{совм}$		$t_{совм}$		$t_{совм}$		$t_{совм}$		
1	0	0	7	3	34	83	15	0	15	0	162	0	17	45	2	259
	1		3	0	72	0	5	2	7	5	181	9	2	10	4	
	4		1		38		15		16		19		20		0	
	1		2				9		7				5		2	
	4	7	4				4		10				33		5	
$t_{р.св}$	0		0		0		0		0		0		0		0	
2	1	11	3	0	72	29	15	6	16	10	181	18	20	23	2	269
	4		1	0	13	0	9	6	7	12	205	18	5	18	5	
	3		7		0		16		18		24		25		9	
	8		2		58		7		3				4		2	
	2	18	4				8		16				49		8	
$t_{р.св}$	0		0		0		0		0		0		0		0	
3	3	28	7	49	13	0	16	14	18	20	205	31	25	0	2	263
	8		2	20	0	4	7	4	3	4	223	12	4	12	8	
	5		1		17		17		18		18		29		3	
	6		0		1		3		9				5		3	
	1	12	1		41		6		6				41		0	
$T_{разв}$	0		7		27		12		2		5		10		6	
$T_{работ}$	5		9		13		18		32		61		12		6	
	6		4		7								3		1	

Расчет КПА начинается с определения сроков выполнения работ первого вида при условии нулевого растяжения межобъектных ресурсных связей. Затем определяются периоды развертывания каждого очередного вида, т. е. периоды смещения начала каждого последующего вида работ по отношению к началу предшествующего. Периоды развертывания определяются аналогично расчету метода с непрерывным использованием ресурсов (МНИР), но с учетом совмещения работ на объектах.

Комплексный поток уплотненный (КПУ) формируется при условии начала каждого последующего вида работ (в составе каждого объектного потока) немедленно при наличии ресурсов и готовности фронта работ. При этом имеют место

простой ресурсов и фронтов работ (в неритмичных и разноритмичных потоках). Однако КПУ (при прочих равных условиях) обеспечивают минимальную продолжительность всего комплекса работ, поэтому данная разновидность потоков широко применяется в строительстве.

Формирование, расчет и оптимизация КПУ близки по своему характеру формированию, расчету и оптимизации потоков с критическими работами, но имеют определенную специфику, заключающуюся в необходимости учета (на всех стадиях расчета) совмещенности смежных видов работ в составе комплексных потоков, разрабатываемых на основе объектных (табл. 4).

Таблица 4

Матрица результатов расчета комплексного потока КПУ

№ объектного потока	А	t <sub>фр.с</sub>	Б	t <sub>фр.</sub>	В	t <sub>фр.</sub>	Г	t <sub>фр.</sub>	Д	t <sub>фр.</sub>	Е	t <sub>фр.с</sub>	Ж	t <sub>фр.</sub>	З	Т <sub>объекта</sub>
		в.		св.		св.		св.		св.		св.		св.		
		t <sub>совм</sub>			t <sub>совм</sub>			t <sub>совм</sub>			t <sub>совм</sub>			t <sub>совм</sub>		
		м.			м.			м.			м.			м.		
1	0	0	7	3	34	83	15	0	15	0	162	0	17	45	2	259
	1	7	3	0	72	0	5	2	7	5	181	9	2	10	4	
	4		1	38	15	9	7	16	19	20	0					
	1		2	9	7	5	2	5	33	2	2					
	4		4	4	4	4	10	10	33	33	5					
t <sub>р.св</sub>	0		0		0		0		0		0		0		0	
2	1	11	3	0	72	29	15	6	16	10	181	18	20	23	2	269
	4	18	1	0	13	0	9	6	7	12	205	18	5	18	5	
	3		7	0	16	16	18	24	24	25	9					
	8		2	58	7	3	3	4	49	4	2					
	2		4	8	8	16	16	16	49	49	8					
t <sub>р.св</sub>	0		0		0		0		0		0		0		0	
3	3	28	7	49	13	0	16	14	18	20	205	31	25	0	2	263
	8	12	2	20	0	4	7	4	3	4	223	12	4	12	8	
	5		1	17	17	18	18	29	29	3						
	6		0	1	3	9	5	3	5	3						
	1		1	41	6	6	41	41	41	0						
8	2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
T <sub>разв.</sub>	0		7		27		12		2		5		10		6	
T <sub>работ</sub>	5		9		13		18		32		61		12		6	
	6		4		7								3		1	

Расчет КПУ начинается с фиксации сроков выполнения первого объектного потока. Затем определяются (в соответствии с продолжительностями работ первого вида в каждом объекте потока) сроки выполнения работ первого вида в составе комплексного потока при условии беспростойного перехода бригады с объекта на объект. После этого находятся ранние сроки начала и окончания тех работ, у которых известны сроки готовности фронта и обеспеченности ресурсами, с учетом сов-

мещения данного вида работ с предшествующим, что выявляется при формировании объектных потоков.

Путем формирования комплексной поточной организации застройки населенных мест развитие жилищного строительства действительно будет осуществляться комплексно, при условии создания комфортной среды обитания.

### Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ.
2. Чистобаев А. И., Градостроительное освоение территорий городских округов России: опыт, проблемы, решения / А.И.Чистобаев, О.А.Висленева // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. / №1 – СПб.: БФУ, 2014. – С.159-166.
3. Афанасьев В.А. Поточная организация работ в строительстве: учеб. пособие / В.А.Афанасьев, А.В. Афанасьев; СПбГАСУ, – СПб.: 2000. – 152 с.
4. Челнокова, В.М. Планирование поточной организации работ при комплексном освоении территории / В.М.Челнокова // Вестник гражданских инженеров / №3 (38) – СПб.: СПбГАСУ, 2013. – С. 107–112.
5. Челнокова В. М., Гуревич А. Б. Анализ проблем организации комплексного освоения территорий // Вестник гражданских инженеров. 2017. №1 (60). С. 161–166.

### УДК 69.007. 005

Валентина Федоровна Александрова, доцент,  
канд. техн. наук  
Чейнеш Очур-ооловна Бахтинова, доцент,  
канд. техн. наук  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: bahtinova.ch.o@gmail.com

Valentina Fyodorovna Aleksandrova, Ph.D. of  
Sci. Eng., Associate Professor  
Cheynesh Ochur-oolovna Bakhtinova, Ph.D.  
of Sci. Eng., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: bahtinova.ch.o@gmail.com

## РАСЧЕТ И ФОРМИРОВАНИЕ БРИГАД ПРИ КАЛЕНДАРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

### CURRENT DESIGN METHODS AND FORMATION OF CONSTRUCTION GANG IN SCHEDULING OF CONSTRUCTION OF THE WORKFLOW CONSTRUCTION ORGANIZATION

При разработке календарного плана одна из главных задач является расчет и формирование бригад. В данной работе приведена методика расчета и формирования бригад при технологическом комплексе работ.

*Ключевые слова:* расчет состава строительных бригад, строительная бригада, календарное планирование, поточная организация, строительство

In the development of the lifespan, one of the main tasks is the current design methods and formation of construction gang. In this research paper, a methodology is given for is the current design methods and formation of construction gang for the technological complex of process.

*Keywords:* current design methods, formation, construction gang, scheduling of construction, workflow, construction

В современном строительстве поточная организация работ является неотъемлемой частью грамотного руководства. Поэтому, при разработке календарного плана одна из главных задач – расчет и формирование бригад. В своих работах В. А. Афанасьев

пишет: «К сожалению, календарное планирование осуществляется, как правило, весьма поверхностно и не доводится до определения времени работы каждой бригады на каждом честном фронте. Это одна из главных причин неудовлетворительного состояния строительства» [1].

В данной работе приводится расчет и формирование бригад при производстве работ по авторской методике обучения, отработанной за более, чем четыре десятилетия преподавания студентам доц., к.т.н. каф. «Организация строительства» В. Ф. Александровой.

Как известно, к моменту составления календарного планирования должны быть выбраны машины и механизмы. В процессе составления календарного графика следует обеспечить условия интенсивной эксплуатации основных машин путем их использования в 2...3 смены без перерывов в работе и излишних перебазировок [6].

Продолжительность механизированных работ должна устанавливаться только исходя из производительности машин. Поэтому вначале рассчитывают продолжительность механизированных работ, ритм работы которых диктует все построение графика, а затем продолжительность работ, выполняемых вручную.

При разработке календарного плана, входящего в состав проекта производства работ, основным видом работы, является технологический процесс, выполняемый на частном фронте постоянным составом исполнителей (звено, бригада), связанных единой конечной продукцией. Например, устройство монолитных фундаментов выполняется звеньями бетонщиков, плотников и арматурщиков.

Таким образом, номенклатура работ представляет собой перечень общестроительных, монтажных и специальных работ, выполняемых отдельными бригадами в процессе возведения объекта.

Для получения такой номенклатуры необходимо технологические операции укрупнить, формируя из них технологические комплексы работ (ТКР).

Основными условиями формирования ТКР являются:

- возможность объединения отдельных технологических операций для их выполнения на одном частном фронте;
- наличие ведущей работы. Ведущей является наиболее трудоемкая работа или использующая ведущий механизм. Остальные работы являются сопутствующими. Результатом выполнения ведущей работы является законченный вид конструктивных элементов здания (например, монтаж каркаса, кровля и т. п.) или промежуточный технологически необходимый этап строительства (например, котлован);
- строгая технологическая совместимость отдельных работ и возможность их выполнения одной специализированной или комплексной бригадой.

Номенклатура видов работ составляется в технологической последовательности их выполнения.

Продолжительность непрерывного выполнения вида работ на объекте  $t_i$ , составит:

$$t_i = (\sum Q_k) / (N_i \cdot n_i), \quad (1)$$

где  $\sum Q_k$  – суммарная трудоемкость выполнения отдельных работ, чел.-дн.;  $N_i$  – количество человек в бригаде, выполняющей  $i$ -й вид работ, чел.;  $n_i$  – число смен в сутки при выполнении  $i$ -го вида работ.

Продолжительность выполнения комплекса работ на частных фронтах пропорциональна объемам работ. При одинаковых объемах работ на частных фронтах общая продолжительность выполнения комплекса работ делится на количество частных фронтов.

**Число смен.** Сменность (число смен в сутки) определяется для каждого комплекса работ в зависимости от конкретных условий строительства.

В одну смену, как правило, выполняются работы:

- на которых заняты в основном женщины (например, малярные и штукатурные работы);
- требующие особых условий труда или повышенной осторожности (например, стекольные).

Основные строительно-монтажные работы, а также работы с использованием машин и механизмов (например, отрывка котлована, монтаж конструкций) следует выполнять в две смены.

Работы в три смены рекомендуются в следующих случаях:

- при непрерывном технологическом процессе (например, непрерывное бетонирование крупных конструкций);
- ограниченных фронтах работ (например, устройстве шахт и тоннелей);
- использования дорогостоящих механизмов, на обслуживании которых занято небольшое количество рабочих;
- необходимости сокращения общей продолжительности строительства отдельного сооружения или комплекса объектов, когда другие способы исчерпаны (как правило, для работ, лежащих на критическом пути).

Формирование бригад начинается с выбора наиболее эффективных условий строительства и способов проведения работ.

Выбор состава бригад зависит от конечной строительной продукции.

Предполагается, что состав бригад не меняется при переходе с одного частного фронта на другой, т. е. интенсивность работ постоянна.

Частный фронт – часть объекта (захватка) или отдельный самостоятельный объект, где может работать только одна бригада. В бригаду объединяются рабочие разных специальностей. Главная задача – обеспечение возможности их совместной работы на одном частном фронте.

Существует 3 вида строительных процессов:

- механизированный;
- механизированный с сопутствующим звеном рабочих;
- немеханизированный (малая механизация).

Основным условием формирования бригад для *немеханизированного процесса* является равномерность их использования при выполнении определенного вида работ. Это значит, что время выполнения каждого вида работ примерно одинаково, т. е. ритм потока одинаков. Все специалисты должны быть одинаково загружены. Количественный состав бригады увеличивается кратно нормативному составу звена. Таким образом, получается одинаковая загруженность всех специалистов. Для немеханизированных работ принимается звено, время ведения работ которого минимально. Для выполнения этого условия необходимо определить директивное (нормативное) время выполнения всех видов работ.

$$t = \frac{\sum q_{\text{раб}}}{N \cdot n}, \quad (2)$$

где  $q_{\text{раб}}$  – трудоемкость рабочих нормативного состава звена;  $n$  – число смен в сутки;  $N$  – число рабочих в звене.

Для *механизированного процесса* продолжительность определяется временем работы основного механизма.

Продолжительность выполнения работ для механизированного процесса определяется по формуле:

$$t = \frac{\sum q_{\text{маш}}}{N \cdot n}, \quad (3)$$

где  $q_{\text{маш}}$  – трудоемкость машинистов;  $n$  – число смен в сутки;  $N$  – число рабочих в бригаде.

При расчете бригад для *механизированного процесса с сопутствующим звеном рабочих* за директивное время принимается время работы ведущего звена. В качестве ведущего звена принимается звено, выполняющее механизированные работы.

Для механизированного процесса с сопутствующим звеном рабочих продолжительность выполнения работ равна продолжительности работы ведущего механизма:

$$t = \sum q_{\text{маш}} ; \quad (4)$$

$$t = \frac{\sum q_{\text{раб}} + \sum q_{\text{маш}}}{N \cdot n}, \quad (5)$$

где  $q_{\text{раб}}$  – трудоемкость рабочих;  $q_{\text{маш}}$  – трудоемкость машинистов;  $n$  – число смен в сутки;  $N$  – число рабочих в бригаде.

Для всех процессов необходимо, по возможности, обеспечить ритмичную работу всех специалистов.

При формировании бригад следует учитывать:

- трудоемкость работ;
- численный и квалификационный состав звеньев;
- постоянную загрузженность всех членов бригады, на одного бригадира – 10–20 человек;
- технологическую последовательность ведения работ;
- сроки выполнения работ.

В таблице представлены данные для расчета состава бригады по устройству кровли. Этот технологический процесс обслуживается средствами малой механизации, нормы времени на его отдельные технологические операции не предусматривают трудозатраты в машино-сменах. Поэтому расчет бригады осуществляется как немеханизированной [5].

Данные для расчета бригады по устройству кровли

№ п/п	Наименование работ	Трудоемкость, чел.-дн.	Состав звена по ЕНиР
1	Устройство оклеечной пароизоляции	20	изолировщик 3 р. – 1 чел, 2 р. – 1 чел.
2	Утепление покрытия керамзитом	40	изолировщик 3 р. – 1 чел, 2 р. – 1 чел.
3	Укладка цементного раствора	60	изолировщик 4 р. – 1 чел, 3 р. – 1 чел.
4	Устройство рулонного материала	200	кровельщик 4 р. – 1 чел, 3 р. – 1 чел.

Определяется время  $t$  работы каждого  $i$ -го звена, входящего в состав бригады:

$$t_i = q_i / N_i,$$

где  $q_i$  – трудоемкость работы 1-го звена, чел.-дн.;  $N_i$  – количество человек в  $i$ -м звене.

Если продолжительность работы звеньев различна, количество звеньев на работах с большей продолжительностью увеличивается кратно отношению  $k_i$ , равному:

$$k_i = t_i / t_i^{\min},$$

где  $t_i^{\min}$  – наименьшая из продолжительностей работы звеньев, входящих в состав бригады.

Работы по устройству пароизоляции и утеплению покрытия выполняются одинаковыми звеньями, поэтому их трудоемкости следует сложить. Таким образом, время работы 1-го звена  $t$  составит

$$t_1 = (20 + 40) / 2 = 30 \text{ дн.}$$

Время работы 2-го звена на укладке цементного раствора равно

$$t_2 = 60 / 2 = 30 \text{ дн.}$$

Время работы 3-го звена на устройстве рубероидного ковра равно

$$t_3 = 200 / 2 = 100 \text{ дн.}$$

Время работы 3-го звена значительно превышает время работы 1-го звена и 2-го звена, значит, требуется увеличить количество звеньев на устройстве рубероидного ковра в  $k$  раз:

$$k = 100 / 30 \approx 3.$$

Принимаем следующий состав бригады по устройству кровли, чел.: изолировщик 4 р. – 1 чел.; изолировщик 3 р. – 2 чел.; изолировщик 2 р. – 1 чел.; кровельщик 4 р. – 3 чел.; кровельщик 3 р. – 1 чел. *Всего в бригаде: 10 чел.*

Данная методика расчета и формирования бригад, позволяют разделить ТКР на 3 вида процессов. Продолжительность каждого процесса определяется по вышеизложенной методике, которая позволяет найти время выполнения работ каждой бригадой на каждом частном фронте.

### Литература

1. *Афанасьев, В. А.* Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1990. 302 с., ил
2. *Александрова, В. Ф.* Формирование матриц продолжительности работ с целью сокращения простоев // Актуальные проблемы современного строительства – 2011. Ч. 2. СПб., 2011. С. 174-176.

3. *Александрова, В. Ф.* Совершенствование методики формирования и расчета объектных потоков // Актуальные проблемы современного строительства и пути их эффективного решения – 2012. Ч. 2. СПб., 2012. С. 131-134.

4. *Александрова, В.Ф.* Проектирование календарных планов и строительных генеральных планов строительства объектов: учеб. пособие. / В.Ф. Александрова, Ч.О. Бахтинова. – СПб: СПбГАСУ, 2011. – 159 с. + вклейка

5. *Александрова, В. Ф.* Организация и планирование в строительстве. Разработка календарных и строительных генеральных планов при проектировании жилых объектов: учеб. пособие / В.Ф. Александрова, Ч.О. Бахтинова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 82с.

6. *Дикман, Л. Г.* Организация строительного производства / Учебник для строительных вузов / М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. С 608с.

#### **УДК 69.009**

*Александр Петрович Васин*, канд. техн. наук,  
доцент

*Наталья Юрьевна Красноперова*,  
магистрант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: vasin-57@mail.ru,*  
*kraverova15@yandex.ru*

*Alexander Petrovich Vasin*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor

*Natalia Yurievna Krasnoperova*, Graduate  
student

(Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: vasin-57@mail.ru,*  
*kraverova15@yandex.ru*

## **ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ВОКЗАЛА В Г. ГЛАЗОВЕ**

### **VARIANCE DESIGN CONSTRUCTION PROCESSES BASED ON THE EXAMPLE OF THE CONSTRUCTION OF THE RAILWAY STATION IN THE TOWN OF GLAZOV**

Использование методик формирования расчета и оптимизации неритмичных потоков, включая их разновидности, разработанных профессором В.А. Афанасьевым, обеспечивает минимальную продолжительность объектных потоков и выбор лучшего варианта объектного потока.

*Ключевые слова:* строительство, строительные процессы, потоки в организации строительства, планирование календарное

The use of methods of calculation and optimization of formation neritmichnyh flows, including their variety developed by Professor V.A. Afanasieff, ensures minimum duration object streams and choosing the best option object stream.

*Keywords:* building, construction processes, threads in the construction, planning calendar

От выбора правильной модели организации строительного производства в значительной мере зависят эффективность капитальных вложений и сроки ввода в эксплуатацию объектов. Главной функцией проектирования является принятие рационального решения по срокам и последовательности выполнения процесса, составу технических средств, количеству и составу звеньев (бригад) рабочих.

Для определения продолжительности строительства новых и расширения действующих предприятий, а также для распределения объемов капитальных вложений и строительно-монтажных работ по периодам строительства, при планировании капитального строительства, разработке технико-экономических обоснований (расчетов) и проектов организации строительства (ПОС), используется

СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий зданий и сооружений», действующий до 01.01.2018 г.

Значительный вклад в развитие теории оптимизации неритмичных потоков внес профессор В.А. Афанасьев, который разработал методы формирования, расчета и оптимизации неритмичных потоков, их разновидности: с непрерывным использованием ресурсов (НИР), с непрерывным освоением фронтов (НОФ) и по методу критических работ (МКР). Им разработана методика формирования и расчета параллельно-поточной организации работ, позволяющие значительно сократить продолжительность строительства объектов [1, 2].

На сегодняшний день основным направлением исследований в России является разработка методов (алгоритмов) расчета, формирования и оптимизации организации работ и последующей разработки календарных планов (графиков), основы которых были заложены профессором В.А. Афанасьевым, которые в дальнейшем были развиты в работах его учеников и исследователей.

Наиболее эффективным является применение ЭВМ для комплексной автоматизации решения всех задач в составе автоматизированной системы управления строительством (АСУС). На основные технико-экономические показатели существенное влияние оказывает принятый в варианте комплект машин. В вариантном проектировании эффективность разрабатываемых комплектов машин оценивают по удельным (на единицу продукции в физическом выражении) приведенным затратам: чем меньше удельные приведенные затраты, тем комплект эффективнее [3].

Для каждого объекта рассматривается несколько вариантов решения календарного планирования с последующим принятием наиболее рационального решения. Поиск такого решения основан на сравнительной оценке принятых к рассмотрению вариантов по одному или нескольким показателям эффективности, основными из которых являются себестоимость, трудоемкость и продолжительность выполнения процесса. Эффективным вариантом, принимаемым к дальнейшей разработке и осуществлению, является вариант, имеющий наименьшие значения всех показателей.

При вариантном проектировании первоначально устанавливают номенклатуру и состав строительных процессов, подлежащих выполнению при возведении конкретного объекта, а также объем работ. Исходными данными при этом являются условия возведения объекта и его объемно-планировочные и конструктивные решения. Затем разрабатывают варианты для выбора наиболее эффективного строительного процесса.

Начальный этап календарного планирования связан с выбором модели организации работ, которая в наибольшей степени удовлетворяет потребностям производства, конкретным экономическим и техническим условиям. Методы и способы организации работ определяются конкретными условиями строительства в их технологической последовательности, во времени и пространстве.

На примере планируемого строительства здания железнодорожного вокзала в городе Глазов рассмотрен вопрос директивного срока строительства, определения оптимального расписания работ по критерию минимальной продолжительности строительства, решение вопроса об оптимальном использовании ресурсов. Составлена номенклатура работ, определены их объемы и трудоемкости, сформированы комплексы работ. На основании этих расчетов определена продолжительность выполнения работ по технологическим комплексам для обеспечения возможности поточной организации работ.

Строительный объем объекта капитального строительства 18 521,0 м<sup>3</sup>. Общая площадь объекта 3144,0 м<sup>2</sup>.

Поставленная в работе цель обусловила необходимость решения следующих задач:

- определение объемов строительных работ;
- формирования бригад для выполнения работ;
- расчет продолжительности;
- выбор метода организации поточных работ;
- проектирование календарного плана с графиком движения рабочих;
- оценка технико-экономических показателей календарного плана.

Базой для формирования основных видов задач календарного планирования является связь между обобществленными трудозатратами, обобщенными ресурсами и общей продолжительностью строительства.

В исследовании рассмотрен вопрос директивного срока строительства, определения оптимального расписания работ по критерию минимальной продолжительности строительства, решение вопроса об оптимальном использовании ресурсов.

Формирование, расчет и оптимизация объектных потоков выполнены методами организации работ – НИР, МКР и НОФР.

Главное правило метода НОФР – непрерывность освоения фронтов, т. е. непрерывность строительных работ на каждом фронте. Его используют при ремонте и реконструкции объектов, так как гарантирует наименьшую продолжительность работ на объекте. Рекомендуются для выполнения больших объемов однотипных работ.

Главным достоинством метода непрерывного использования ресурсов (НИР) является отсутствие простоев всех ресурсов. Так как в таких потоках каждый из видов работ выполняется непрерывно, неизбежны простои фронтов работ. Данный метод обеспечивает тщательный контроль за технологией производства работ, контроль за техникой безопасности, а также непрерывную работу бригад, но имеет большую продолжительность.

Основной принцип метода критических работ: критические задачи не имеют временного резерва, если меняется продолжительность выполнения критической работы, то это влечет изменение сроков выполнения всего проекта.

Для расчета продолжительности строительства выбран метод НИР по которому построен объектный календарный план на весь объект.

1. Расчетная продолжительность строительства – 168 дней;
2. Трудоемкость – 13 851 чел.-дней;
3. Нормативная продолжительность – 179 дней;
4. Среднее количество работающих – 76 чел.;
5. Максимальное количество работающих – 98 чел.;
6. Коэффициент неравномерности – 1,29.

Следует отметить, что программное обеспечение ЭВМ позволяет автоматизировать вариантное проектирование строительных процессов.

Для обеспечения возможности поточной организации работ рассчитана продолжительность выполнения работ на двух секциях. Работы обслуживаются одним краном. С учетом директивных сроков строительства для возведения здания железнодорожного вокзала принят один башенный крана на рельсовом ходу. Составлена номенклатура работ, определены их объемы и трудоемкости, сформированы ком-

плексы работ. На основании этих расчетов определены продолжительности по технологическим комплексам.

### Литература

1. Афанасьев В. А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 2010. 302 с.
2. Афанасьев В.А., Афанасьев А.В. Проектирование организации строительства, организации и производства работ. Л.: ЛИСИ, 1988. – 100 с.
3. Дунаевская Ю. П. Анализ современных методов организации работ при малоэтажном строительстве // Молодой ученый. – 2016. – №6. – С. 94-97. – URL <https://moluch.ru/archive/110/26741/> (дата обращения: 09.01.2018).

### УДК 624.05

Мария Анатольевна Цыганкова,  
аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: [maria.grey@mail.ru](mailto:maria.grey@mail.ru)

Maria Anatolievna Tsygankova, post-graduate  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: [maria.grey@mail.ru](mailto:maria.grey@mail.ru)

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННЫХ ЛЕНТОЧНО-ОБОЛОЧЕЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

### PRACTICAL APPLICATION OF PARALLEL-FLOW ORGANIZATION OF WORK OF THE DEVICE LOW-DEPTH STRIP-SHELL FOUNDATIONS

Рассмотрены организационные особенности устройства ленточных фундаментов, объединенных пологими оболочками с однослойным армированием. Представлено конструктивное описание фундамента, технологическая последовательность его возведения, сравнение методов поточной организации работ при строительстве ленточно-оболочечных фундаментов.

*Ключевые слова:* ленточный фундамент, оболочка, технология строительства, поточная организация строительства, метод критического пути, метод непрерывного использования ресурсов, метод непрерывного освоения фронтов работ, параллельно-поточная организация.

The article discusses the organizational features of construction of the strip foundations combined by shallow shell with single-layer reinforcement. Authors describe the foundation construction and building manufacturing sequence, comparing the methods of a production organization work during the construction of the device low-depth strip-shell foundations.

*Keywords:* strip foundation, shell, building method, production organization of construction, critical path meth, method of continuous use of resources, method of continuous development fronts, in parallel-flow organization.

Комплексная организация застройки – это формирование полноценной жилой среды, обеспеченной всеми видами современного культурно-бытового обслуживания (включая транспортное), отвечающего санитарно-гигиеническим, социально-функциональным и архитектурно-эстетическим требованиям. Наиболее распространенным типом организации строительных работ при возведении комплексной застройки зданий или частей здания является *поточная организация*. При данном типе организации строительства происходит взаимоувязка различных работ на различных фронтах во времени и пространстве. Наиболее распространенные методы поточной организации работ – это Метод критического пути, Метод

непрерывного использования ресурсов, Метод непрерывного освоения фронтов, Параллельно-поточный метод.

Объект исследования – строительство *ленточно-оболочечных фундаментов (ЛОФ)* поточным методом под Жилые дома с размещением на нижних этажах нежилых помещений ГП-1.1, жилые дома ГП-1.2, ГП-1.3, по ул. Таврическая, 9 в г. Тюмень. План фундамента (опалубка) представлен на рис.1, разрезы по плану на рис. 2.

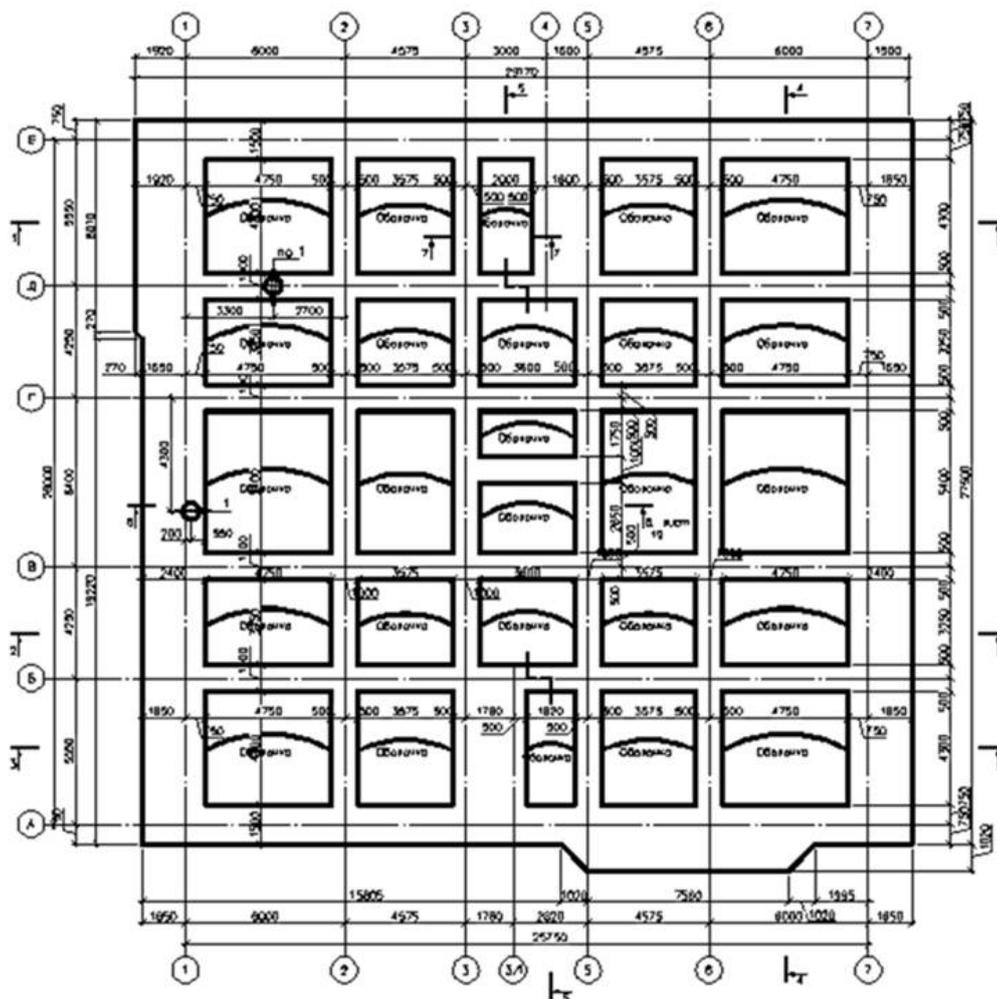


Рис. 1. Схема расположения фундамента (опалубка)

Работы по устройству ЛОФ следует выполнять в следующей последовательности [1]: механизированная черновая разработка грунта по всей площади котлована до отметки, соответствующей верху грунтовых профилей с учетом недобора грунта (защитного слоя) и с учетом технологической ширины по периметру фундамента не менее 0,6 м в свету; механизированная черновая разработка грунта вдоль осей под ленточную часть фундамента до отметки, соответствующей низу щебеночной подготовки с учетом недобора грунта (защитного слоя); зачистка дна траншей и выполнение послойно уплотненной подготовки из щебня и бетонной подготовки под ленточные части фундамента; выполнение планировки основания оболочечной части фундамента вручную с условием ненарушения естественной структуры грунта на планировочной кривой. Непосредственно после планировки криволинейного основания выполнение бетонирования его поверхности тощим бетоном; установка в проектное положение арматурных сеток и каркасов по бетонным подготовкам ленточных и оболочечных частей фундамента [2]; установка опа-

лубки с надежным ее раскреплением для обеспечения геометрически ровных проектных плоскостей фундамента. Установка опалубки на всю высоту фундамента по торцовой части цилиндрических оболочек для образования деформационного шва между торцами оболочек и ленточной частью фундамента; бетонирование ленточной и оболочечной частей фундамента одновременно с уплотнением глубинными и поверхностными вибраторами.

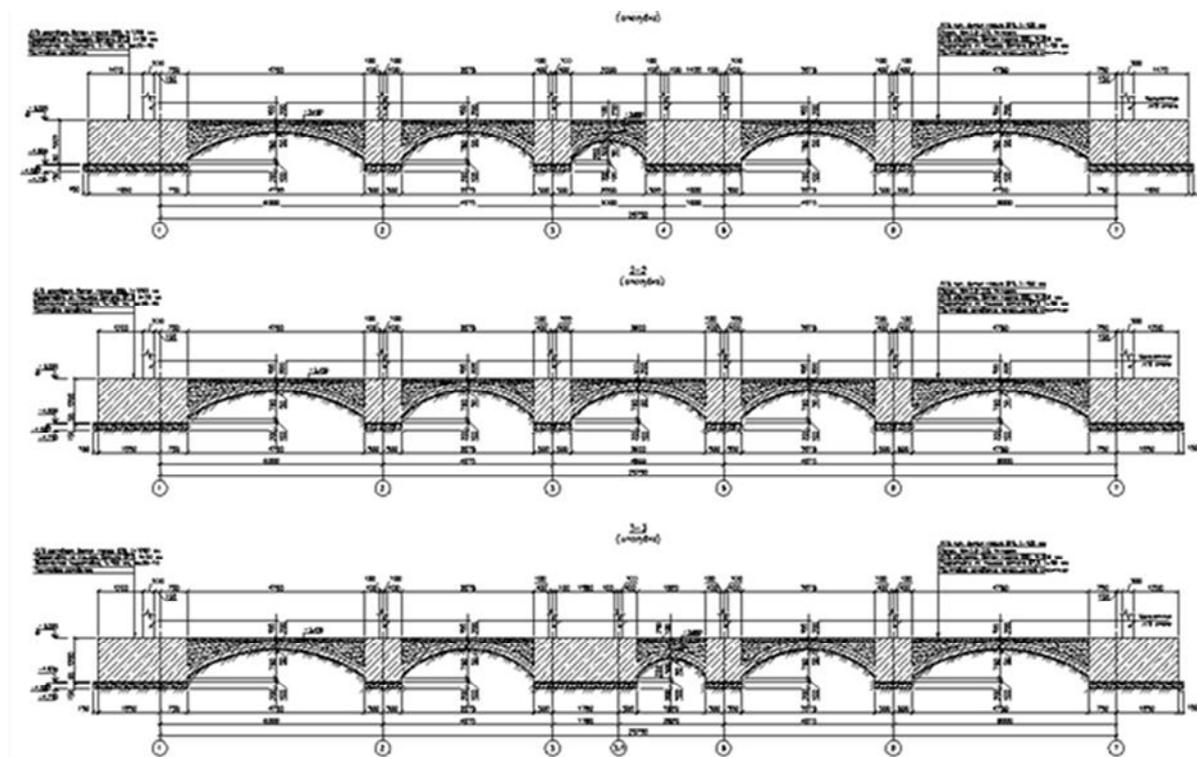


Рис. 2. Разрезы по фундаменту 1-1, 2-2, 3-3

Бетонирование оболочек производится по маякам, установленным на арматурную сетку оболочек; возведение стен и колонн подвала; выполнение гидроизоляции наружной поверхности фундамента совместно с наружными стенами подвала; засыпка пазух котлована непучинистым грунтом с послойным уплотнением [3].

Все технологические процессы по устройству фундаментов группируются в укрупненные виды работ, назначается комплексный состав бригад, работе присваивается шифр (табл. 1).

Целью настоящей работы является определение наиболее оптимального метода организации, при котором продолжительность строительства ЛОФ, количество растяжений ресурсных и фронтальных связей, продолжительность освоения фронтов и продолжительность работы бригад на фронтах были бы минимальными.

В ходе расчета продолжительности строительства ленточно-оболочечных фундаментов традиционными организационными методами, а именно Методом критического пути (МКП), Методом непрерывного использования ресурсов (МНИР), Методом непрерывного освоения фронтов (МНОФ) были получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 1

**Укрупненные виды работ и состав комплексной бригады при строительстве ЛОФ**

№ пп	шифр работы	Наименование работ	Продолжительность, см	Комплексн. состав бригады, чел.
1	2	3	4	5
1	А	ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	5	5
2	Б	ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ	11	4
3	В	ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ	8	8
4	Г	АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ	16	6
5	Д	БЕТОННЫЕ РАБОТЫ	2	6
6	Е	ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	7	2

Таблица 2

**Результаты расчета продолжительности строительства ЛОФ различными методами поточной организации (по ранним параметрам)**

Метод организации работ	МКП	МНИР	МНОФ	
Продолжительность строительства	81	97	81	
Растяжение ресурсных связей	52	0	94	
Растяжение фронтальных связей	33	108	0	
Общее количество простоев	85	108	94	
Продолжительность работы бригад	А	15	15	37
	Б	33	33	43
	В	30	24	40
	Г	48	48	48
	Д	34	6	34
	Е	39	21	39

Как видно из таблицы, лучшие показатели по продолжительности и общему количеству простоев получились при строительстве объекта Методом критического пути. Недостатком этого метода является наличие резервов времени и по бригадам, и по фронтам работ.

В целях уменьшения продолжительности строительства и уменьшения количества резервов времени был рассмотрен Параллельно-поточный метод (ППМ) организации работ, при котором в работу включаются дополнительные бригады в тех случаях, когда первая бригада занята выполнением работы на предыдущем фронте, а предшествующая работа на рассматриваемом фронте уже выполнена.

При параллельно-поточном методе на некоторых видах работ дополнительные бригады принимаются не равными по мощности основной бригаде. Мощность бригад принимается следующей А;  $B_2=0,8B_1$ ;  $B_1=B_2$ ;  $\Gamma_1=1,5\Gamma_2$ ; Д;  $E_1=E_2$ . В результате произведенных расчетов методом ППМ матрица возможных продолжи-

тельностью работ была рассчитана девятью вариантами организации работ, различающимися параметрами и технико-экономическими показателями:

1. Расчет параллельного потока с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при первоочередной нормальной загрузке (при равных возможностях) левых бригад.

2. Расчет параллельного потока с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при первоочередной нормальной загрузке (при равных возможностях) правых бригад.

3. Расчет параллельного потока с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при первоочередной нормальной загрузке (при равных возможностях) минимально загруженных бригад.

4. Расчет параллельного потока с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при чередовании нормальной загрузки (при равных возможностях) минимально и максимально загруженных бригад.

5. Расчет параллельного потока с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при первоочередной нормальной загрузке (при равных возможностях) максимально загруженных бригад.

6. Расчет параллельного потока с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при чередовании нормальной загрузки (при равных возможностях) максимально и минимально загруженных бригад.

7. Расчет параллельного потока с непрерывным использованием ресурсов, при первоочередной загрузке (при равных возможностях) максимально загруженных бригад.

8. Расчет параллельного потока с непрерывным освоением фронтов работ, при первоочередной загрузке (при равных возможностях) максимально загруженных бригад.

9. Расчет параллельного потока с критическими работами, при первоочередной нормальной загрузке (при равных возможностях) максимально загруженных бригад, способом приближения второстепенных работ к работам критического пути.

Основные результаты произведенных расчетов приведены в табл. 3. Главными технико-экономическими параметрами в расчетах являются: продолжительность комплекса работ, так как главной задачей является сокращение продолжительности строительства ленточно-оболочечных фундаментов, и сокращение растяжений (простоев) по ресурсам и фронтам работ, так как простои в работе бригад и простои по объектам экономически нецелесообразны.

Таблица 3

Параметры вариантов организации работ\*

	Варианты параллельно-поточной организации работ с различной загрузкой бригад								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продолж	68	64	81	65	64	70	67	64	64
Растяжение ресурсных св.	9	24	35	16	22	18	0	39	5
Растяжение фронтал. св	16	7	21	6	7	16	54	0	15
Всего	25	31	56	22	29	34	54	39	20

\* – маркером выделены лучшие результаты по различным параметрам потоков.

Согласно проведенному анализу наименьшая продолжительность получилась в варианте № 2, № 5, № 8 и № 9, что на 20 % быстрее первоначальной матрицы, рассчитанной по методу МКП.

Для определения лучшего из четырех вариантов рассчитываются коэффициенты простаивания по бригадам и простаивания по фронтам. Лучший результат расчета коэффициентов  $K_{пр.бр.}=0,45$  и  $K_{пр.фр.} = 0,27$  получен при расчете матрицы параллельно-поточным методом в варианте № 9 (см. рис. 3), данный метод является наиболее эффективным и принимается за основу организации строительного производства при устройстве ленточно-оболочечных фундаментов.

Коэффициент неравномерности использования трудовых ресурсов при наиболее эффективной матрице составил  $K_{н1} = 1,67 \rightarrow 1,5$ ; коэффициент неравномерности распределения трудоемкости работ  $K_{н2} = 0,35 \rightarrow 0$ , что является показателем рационального использования трудовых ресурсов.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Применение параллельно – поточных методов сокращает продолжительность строительства объекта на 20 % по сравнению с традиционными методами организации работ.

2. Применение параллельно – поточных методов сокращает количество растяжений ресурсных связей на 90 % по сравнению с традиционными методами организации работ.

3. Применение параллельно – поточных методов сокращает количество растяжений фронтальных связей на 54 % по сравнению с традиционными методами организации работ.

4. Применение параллельно – поточных методов сокращает общее количество растяжений на 76 % по сравнению с традиционными методами организации работ.

9 Максимально загруженные бригады (меньшая продолжительность) способом приближения к КП														Продолж фр.	Простой фр.						
ОФР	Частные потоки, продолжительности и сроки работ												Растяжение связей								
	A	B1	B2	B1	B2	Г1	Г2	Д	Е1	Е2	Ресурс.	Фронт.		ВСЕГО	Мах. продолж.						
Частный фронт работы	I	0	5		6	15	15	23		23	39	46	48	48	55			5	8		
		5		11		9		8		24		16		2		7		7	55		
		0	5		6	15	15	23			23	39	46	48	48	55			Фронт.		
	II	5	10	10	21				21	29	29	53			53	55	55	62	15	0	
		5		11		9		8		24		16		2		7		7	57		
		5	10	10	21				21	29	29	53			53	55	55	62	ВСЕГО		
III	10	15			15	24			29	37			39	55	55	57	64	20	7		
		5		11		9		8		8		24		16		2		7	7	54	
	17	22			22	31			31	39			39	55	55	57		57	64	Мах. продолж.	
	B2=0,8B1; B1=B2; Г1=1,5Г2; Д; Е1=Е2												64								
Продолж бр.	15	11	18	8	16	24	32	11	14	7								K пр.бр.=	0,455		
Простой бр.	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0								K пр.фр.=	0,275		

Рис. 3. Результаты расчета матриц параллельно-последовательным методом при различной загрузке бригад

## Литература

1. Ким Б.Г. Опыт возведения ленточных фундаментов мелкого заложения, объединенных пологими оболочками в сложных инженерно-геологических условиях г. Тюмени / Б.Г. Ким, Я.А. Пронозин, Д.В. Волосюк, М.А.Цыганкова // Журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2013. – № 5.

2. Пронозин Я.А. Фундаменты-оболочки – опыт применения / Я.А. Пронозин, Д.В. Волосюк, М.А. Цыганкова // Строительный вестник Тюменской области. – Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2013. - №3 (65). - С. 58-64.

3. Пронозин Я.А. Технологические аспекты и экономические показатели устройства ленточных фундаментов мелкого заложения, объединенных пологими оболочками / Я.А. Пронозин, Д.В. Волосюк М.А. Цыганкова // Вестник ПНИПУ Строительство и архитектура №3, 2014. Сборник материалов Всероссийской конференции с международным участием «Фундаменты глубокого заложения и проблемы освоения подземного пространства». – Пермь: издательство ПНИПУ, 2014. С.179-193 (ISSN 2224-9826, РИНЦ).

#### УДК 69

*Здзислав Хейдуюцкий*, д-р техн. наук, профессор  
(Вроцлавский технологический университет)  
*Магдалена Рогальска*, д-р техн. наук, профессор  
(Люблинский технологический университет)  
*E-mail: zdzislaw.hejducki@pwr.edu.pl*

*Zdzislaw Hejducki*, Dr. of Sci. Eng., Professor  
(Wroclaw University of Science and Technology)  
*Magdalena Rogalska*, Dr. of Sci. Eng., Professor  
(Lublin University of Technology)  
*E-mail: zdzislaw.hejducki@pwr.edu.pl*

## ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА

### SCHEDULING CONTRUCRION PROJECTS WHITH THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

В статье обобщается метод временных сочетаний (ТСМ) планирования процессов строительства с использованием методов искусственного интеллекта. Правила, используемые для расчета, характеризуются с учетом реализации приоритетов и ограничений ресурсов.

*Ключевые слова:* планирование, методы процессы

This paper summarises the use of Time Couplings Methods (TCM) for scheduling construction processes with the use of artificial intelligence methods. Rules used for the calculation are characterised taking into account the implementation of priorities and resource constraints.

*Keywords:* scheduling, Time Couplings Method, artificial intelligence

#### Introduction

The article presents in a concise way the Time Couplings Methods (TCM) devised by Victor A. Afanasjev. The main aim is to acquaint the general public of scientists in the world with TCM. So far this subject has been presented in an academic way, which made its comprehension difficult and constituted a barrier for a larger readership. Considering the lack of international publications on TCM, the authors present the stages in its development and the way of computing main assumptions.

#### **Scheduling of construction projects by Time Couplings Method**

The research is focused on modelling construction projects, taking into account the tools of artificial intelligence as an optimisation calculation device. The research covers issues such as perfecting time coupling methods using metaheuristic algorithms, optimisation of duration, and cost correlation with the use of artificial intelligence methods (evolutionary algorithms, Tabu Search etc.), scheduling of construction projects with fuzzy duration of completing the tasks, planning construction projects with the dependencies between the duration, cost and resources, using genetic algorithms and a hybrid evolutionary algorithm.

TCM was devised and developed by Professors V. Afanasjew (1980, 1985, 1988, 1994), J. Mrozowicz (1982, 1997), and Z. Hejducki (2000, 2004, 2004). Specific methods of flow nature are involved in TCM application. The continuation of developing

these methods has been undertaken. Issues pertaining to the scheduling of construction processes with the use of artificial intelligence methods are displayed in Fig. 1.

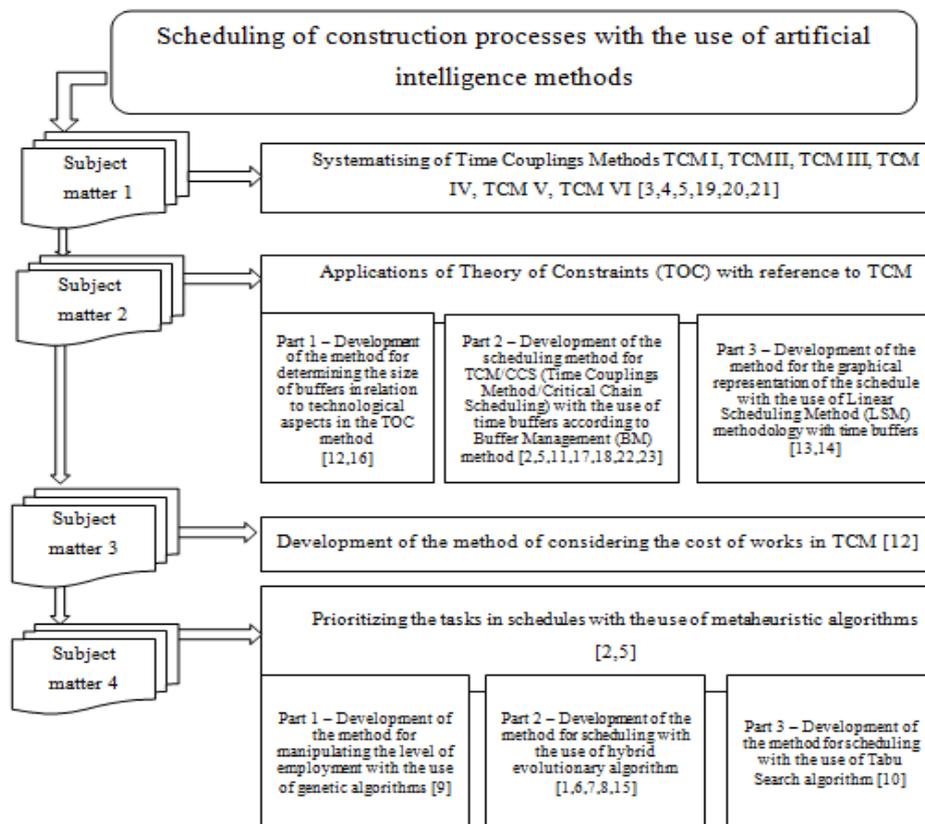


Fig. 1. Scheme of scheduling construction processes using artificial intelligence methods

While covering *subject matter 1*, TCM from I to VI were systematised. Various applications of each of the six time coupling methods were explained in a simple manner in publications [3, 4, 5, 19, 20, 21]. Previous scientific on TCM were denied wide recognition because of their extremely complicated mathematical notation. The effects of covering *Subject matter 1* include: systematising the TCM, introducing international symbols, and indicating directions for the further development of TCM.

The elements of scientific novelty in *Subject matter 1* do not work for *Subject matter 2*. Considering usage of ‘characteristics of’, assumptions of *Subject matter 2* are as follows:

- introducing TOC into the TCM;
- determining the method of producing cycle graphs according to LSM in the TOC/TCM method and introducing international symbols;
- developing the methodology for calculations in TOC/TCM in accordance with Goldratt’s premises and considering the risk factors and technological factors of the influence, such as changes in the size of feeding buffers and a project buffer;
- performing the analysis of choosing the critical path from the available critical chains in the aspect of minimising the duration of completing the project.

In *Subject matter 3*, the second criterion of optimisation, namely the cost minimisation, is introduced into TCM [12]. Methodology for calculating the correlation between

cost and duration in the TOC/TCM method while planning and completing construction projects is proposed.

The elements of scientific novelty in *Subject matter 3* are as follows:

- developing the concept of introducing two criteria for optimisation of the duration and cost into the TCM method;
- developing the methodology of the 3-stage scheduling, considering risk factors and reducing the risks through technological and organisational changes and by introducing the TOC/TCM method;
- displaying the functional correlation between the size of buffers and the value of variance of the process duration with the value of variance resulting from the risk analysis.

In *Subject matter 4*, resources were introduced into the TCM as the third criterion of optimisation. The methodology was developed to apply metaheuristic algorithms in order to prioritise tasks in TCM, whilst considering duration, cost and use of resources [2, 5, 9].

The elements of scientific novelty in *Subject matter 4* are as follows:

- development of the method of scheduling with the use of the *Tabu Search Algorithm*;
- replacement of deterministic data with fuzzy data, according to the accepted rule, with the aim of obtaining the result with a smaller approximation error.

### Summary

The research topic discussed in this paper has a specific character as it relates to the unique accomplishments of the authors. There is no possibility to cite other researchers' work. The work schedule is an essential part of the construction process, it is important to take into account the constraints of resources and working methods. Due to the algorithmic nature of the calculations, there is the possible application of many new solutions to the TCM as application of controlled buffers depending on technological and organizational conditions or using of probabilistic values of execution times of construction processes.

### References

- [1] Bożejko W., Hejducki Z., Rogalska M., Wodecki M., *Analysis of the specific dependency of the time / cost type using artificial intelligence methods*. Scientific and research problems of construction, Materials and technological issues of infrastructure and construction - monograph (chapter), Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2008 36;
- [2] **Bożejko W., Hejducki Z., Rogalska M., Wodecki M., *Scheduling of construction projects with a hybrid evolutionary algorithm's application*. W: *Evolutionary algorithms* / ed. by Eisuke Kita. Rijeka: InTech, cop. 2011. s. 295-308;**
- [3] Hejducki Z., Rogalska M., *Time-coupling methods*. TCM Przegląd Budowlany 2 / 2005.29;
- [4] Hejducki Z., Rogalska M., *Rules for using TCM*. Przegląd Budowlany 3 / 2005.30;
- [5] Hejducki Z., Rogalska M., *Time coupling methods: construction scheduling and time / cost optimization*. Wrocław: University of Technology Publishing House, 2011;
- [6] Rogalska M, Bożejko W., Hejducki Z., *Scheduling construction projects using evolutionary algorithms*. Przegląd Budowlany 9/2007 25;
- [7] Rogalska M., Bożejko W., Hejducki Z., *Time / cost optimization using hybrid engineering, scheduling*. Automation in Construction 2008/18, 24-31;
- [8] Rogalska M., Bożejko W., Hejducki Z., *Scheduling construction projects using a hybrid evolutionary algorithm*. Works of the Institute of Building Engineering at the Wrocław University of Technology No. 87/2006;

- [9] Rogalska M., Bożejko W., Hejducki Z., *Controlling the employment level using LI genetic algorithms*. Scientific Conference Krynica 2005. 61;
- [10] Rogalska M., Hejducki Z., *Comparative analysis of construction output forecasting using stepwise regression methods, neural networks and ARIMA*. Scientific journal WSOWL 3 (157) 2010 23;
- [11] Rogalska M., Hejducki Z., *Shortening the duration of construction projects using the Theory of Restrictions TOC and CCS / BM methods*, L Scientific Conference KIL and W PAN KN and PZITB Krynica 2004. 63;
- [12] Rogalska M., Hejducki Z. *Time and Cost Contingency of Buildings Reconstruction*. International Conference Reconstruction Saint-Petersburg;
- [13] Rogalska M., Hejducki Z. *Algorithms of synchronization of building processes*. Review of Construction No. 9 September 2004;
- [14] Rogalska M., Hejducki Z., *Scheduling construction works using the LSM / BM methodology*, Scientific and Technical Conference, Gdańsk, 9-11 June 2005.62;
- [15] Rogalska M., Hejducki Z., Wodecki M. *Development of time couplings method using evolutionary algorithms*. The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC-2008 June 26-29, 2008 Vilnius, 638-643 42;
- [16] Rogalska M., Hejducki Z., *Scheduling construction works using the LSM / BM methodology*, Scientific and Technical Conference, Gdańsk, 9-11 June 2005;
- [17] Rogalska M., Hejducki Z., Wodecki M. *Development of time couplings method using evolutionary algorithms*. The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC-2008 June 26-29, 2008 Vilnius, 638-643 42;
- [18] Rogalska M., Hejducki Z., *The use of time buffers in scheduling construction processes*. Przegląd Budowlany 6 / 2005.28;
- [19] Rogalska M., Hejducki Z., *Modeling of construction projects with the use of time constraint method Part I - TCM I*. 7th National Scientific Conference Preferences and Risk Modeling, 11, April 3-5, 2011, Ustroń;
- [20] Rogalska M., Hejducki Z.: *Shortening the realisation time of building project with application of theory of constraints and critical chain scheduling*, Journal of Civil Engineering and Management, 2004, vol X;
- [21] Rogalska M., Hejducki Z., Łodożyński Ł., *Scheduling linear building processes with the Branch & Bound method*. Organization of road construction projects / ed. Nauk. Zbigniew Tokarski. Bydgoszcz: Branch Board of the Association of Polish Engineers and Technicians of Communication: ReKpol, 2011. pp. 107-118;
- [22] Rogalska M., Hejducki Z., *Modeling of construction projects using the time-coupled method. Vol. 2, Model TCM II*. Organization of road construction projects / ed. Nauk. Zbigniew Tokarski. Bydgoszcz: Branch Board of the Association of Polish Engineers and Technicians of Communication: ReKpol, 2011 pp. 119-130;
- [21] Rogalska M., Hejducki Z., Wodecki M., *Development of time couplings method*. Peterburgska'kola Potočnoj Organizacii Stroitiel'stva: materialay mieždunarodnoi naučnoj konfierencii posvâsennoj pamâti profiessora Viktor Alekseevica Afanas'eva, 20-21 fievralâ 2014 - Sankt-Peterburg, 2014, pp. 90-93
- [22] Rogalska M., Hejducki Z., *Modeling of construction projects using the time-coupled method. Vol. 2, Model TCM II*. Organization of road construction projects / ed. Of science Zbigniew Tokarski. Bydgoszcz: Branch Board of the Association of Polish Engineers and Technicians of Communication: ReKpol, 2011 pp. 119-130.39
- [23] Rogalska M., Hejducki Z., *Time buffers in construction process scheduling*. Journal of Civil Engineering and Management, 2007, vol. 13, no. 2, pp. 143-148.

## УДК 69

*Кристина Андреевна Давыдова*, магистрант  
*Василя Касимовна Нефедова*, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: davydova.k.a@mail.ru, vkn7@mail.ru*

*Kristina Andreevna Davydova*, Graduate student  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: davydova.k.a@mail.ru, vkn7@mail.ru*

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СРОКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

### FACTORS AFFECTING CONSTRUCTION DURATION

Основной проблемой современного строительства является несоблюдение сроков сдачи объектов в эксплуатацию, в связи с этим при календарном планировании строительных работ особое внимание уделяется решению следующих задач: соблюдение сроков ведения работ, при снижении его стоимости и соблюдении качества конечной продукции. Целью данной статьи является раскрытие факторов, оказывающих основное влияние на продолжительность выполнения работ. Учитывая данные факторы на подготовительном этапе строительства, можно свести к минимуму риски отставания от графика производства работ и, соответственно, задержки сдачи объекта в эксплуатацию, которые могут привести к уменьшению прибыли.

*Ключевые слова:* строительство, календарное планирование, продолжительность строительства, риски, организация строительства

A major issue of contemporary construction is of putting objects into operation, thereby, extra attention is paid to the following tasks during scheduling of the construction works: compliance with deadlines and reduction of cost, while meeting a quality criteria of the final product. The aim of this article is to reveal the factors affecting duration of work mostly. Considering those factors at the prefatory level of construction, there would be an opportunity of minimizing risks of not meeting deadlines, which can lead to a reduction of the revenue.

*Key words:* construction, schedule, construction duration, risks, organization of construction

Основными задачами планирования строительства являются снижение материальных и трудовых ресурсов, сокращение сроков строительства при обеспечении достаточно высокого качества готовой продукции.

Продолжительность строительства – это период времени от начала подготовительных работ до момента ввода объекта в эксплуатацию, который оформляется актом приемки законченного объекта. Общая продолжительность строительства складывается из продолжительности отдельных видов работ.

С другой точки зрения, продолжительность строительства можно рассмотреть, как промежуток времени, который дается заказчиком генподрядчику по договору на выполнение всех видов работ. Данное время, отведенное генподрядчику, по договору учитывает нормальные условия ведения работ, которые в свою очередь подразумевают наличие систематических и несистематических задержек и простоев.

Прогнозирование продолжительности строительства определяется на основании следующих исходных данных:

- 1) условиях контракта на строительство объекта;
- 2) проектной документации;
- 3) перечне вида строительно-монтажных работ;
- 4) необходимых ресурсах;
- 5) данных о местоположении строительной площадки и характерных погодных условия.

При планировании организационно-технологической схемы возведения объекта, в зависимости от вида договора, заключенного на строительство объекта, могут применяться различные методы выполнения работ. Так, например, если в договоре будет указана точная дата сдачи объекта в эксплуатацию, то при возникновении непредвиденных задержек для сокращения сроков строительства может применяться параллельный метод ведения работ.

Важно отметить, что в договоре отражается стоимость объекта, методы и условия ведения работ, а также предъявляемые требования по качеству к используемым материалам и к конечной продукции.

Проектная документация отражает в себе особенности принятых объемно-планировочных и конструктивных решений объекта строительства. На основании проекта формируется перечень и вид строительно-монтажных работ и их строгая технологическая последовательность.

При определении продолжительности строительства необходимо подсчитать количество ресурсов, как материальных, так и трудовых, требуемых для выполнения каждого вида работ. При планировании важно учитывать время, затрачиваемое на доставку материалов со складов непосредственно на строительную площадку. Так же необходимо учитывать время, которое потребуется на благоустройство и озеленение после завершения работ на строительной площадке.

Проанализировав вышеизложенную информацию, можно выделить следующие факторы, которые оказывают основное влияние на сроки и стоимость строительства: масштабность объекта, его назначение, высота и сложность здания, требуемое качество, предъявляемое к конечной продукции, и местоположение строительной площадки.

1. Масштабность проекта. Некоторые объекты из-за больших объемов работ требуют для завершения много временных, трудовых, материальных и финансовых ресурсов. В связи с этим, нужно учитывать эти факторы при календарном планировании перед началом строительства объекта.

2. Назначение объекта. К некоторым объектам, в зависимости от их функционального назначения, предъявляются особые требования санитарно-эпидемиологических служб, требования по пожарной, сейсмической, экологической, атомной и радиационной безопасности, в связи с этим проводятся дополнительные мероприятия, включающие в себя не только операционные проверки выполнения работ, но и лабораторные экспертизы используемых материалов. Строительство заводов и фабрик должно обеспечивать соблюдение всех норм и правил для обеспечения будущего производства.

3. Высота здания. Высота здания, чаще всего оцениваемая в количестве этажей, определяет продолжительность строительства. От высоты здания зависят методы возведения, используемые механизмы и последовательность ведения работ. Неправильный выбор технологии строительного производства, машин и механизмов может увеличить продолжительность строительства на неопределенные сроки.

4. Сложность объекта. Сложность может отражаться в используемых механизмах, методах и последовательности возведения. Разнообразие используемых конструкций также влияет на сроки строительства, например, конструкция здания включает в себя металлические, деревянные, сборные и монолитные конструкции. Для качественного и своевременного выполнения работ необходимо привлекать обученных и квалифицированных специалистов.

5. Качество объекта. Качество объекта заключается в его прочности, устойчивости и, соответственно, в используемых материалах. В большинстве случаев, чем выше необходимые требования к качеству объекта, тем больше стоимость строительных материалов, характеристики которых удовлетворяют данным требованиям и, следовательно, на таких объектах необходим более тщательный и строгий входной контроль качества поставляемых материалов, контроль выполнения строительно-монтажных работ. Однако, в связи со строгими требованиями к строительным материалам, может увеличиться и срок их поставки на объект, что следует учитывать при разработке графиков производства работ, а также при формировании заявок на материалы непосредственно во время строительства.

6. Местоположение объекта. Местоположение объекта строительства оказывает определенный эффект на срок окончания работ. Развитая инфраструктура в районе местоположения строительной площадки значительно уменьшает срок поставки материалов к месту строительства объекта, а малоразвитая инфраструктура, в свою очередь, может значительно увеличить сроки окончания строительства в связи с удаленностью от заводов-изготовителей и невозможностью быстро доставить необходимые материалы на строительную площадку.

Важно отметить, что при календарном планировании необходимо учитывать совокупность вышеперечисленных факторы для того, чтобы свести к минимуму вероятность несоблюдения сроков строительства, которое может привести не только к убыткам компании, но и к ее полному банкротству.

Резюмируя все выше изложенное, можно сделать вывод о том, что грамотное планирование строительства, с учетом таких факторов, как масштабность, назначение, высота, сложность, требуемое качество и местоположение объекта, обеспечивает правильный расчет сроков строительства и своевременное выполнение строительно-монтажных работ, не требующих дополнительных финансовых вложений и обеспечивающих необходимое качество готовой продукции.

### **Литература**

1. Михайлов А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование. Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2017. 296 с.
2. Плошкин В. В. Профессиональные риски в строительстве: учебное пособие. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. 371 с.
3. Сироткин Н. А., Ольховиков С. Э. Организация и планирование строительного производства: учебное пособие. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 212 с.
4. Ширшиков Б. Ф. Организация, управление и планирование в строительстве. М.: Асв, 2012. 529 с.
5. Юдина А. Ф. Технологические процессы в строительстве. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 304 с.
6. Wallace A. Project planning and scheduling using PERT and CPM techniques with linear programming: case study. International journal of scientific & technology research Volume 4, Issue 08, August 2015, P. 222-224

**УДК 69**

*Ярослав Артурович Кислов, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: kislov\_yaroslav@mail.ru*

*Iaroslav Arturovich Kislov, Graduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: kislov\_yaroslav@mail.ru*

## **ИМИТАЦИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В BIM-ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТА**

### **SIMULATION OF SCHEDULING IN BIM-DESIGN TECHNOLOGY FOR DINAMIC QUALITY ASSESSMENT OF A PROJECT**

В статье рассматривается концепция использования экономических показателей и их применение при календарном планировании с использованием BIM-технологий проектирования. Разработана методика динамической оценки качества проекта, предложены рекомендации для использования данной концепции.

*Ключевые слова:* строительство, календарное планирование, BIM-технологии, чистый дисконтированный доход

The article considers the concept of using economic indicators and their application in calendar planning using BIM-technologies of design. A methodology for dynamic assessment of project quality has been developed, and recommendations have been proposed for using this concept.

*Keywords:* construction, scheduling, BIM-technologies, Net Present Value

В настоящее время происходит интеграция процессов проектирования в единую систему, основанную на технологии информационного моделирования зданий и сооружений (BIM-технологии). Для этого используются программы моделирования, такие как Revit компании Autodesk, Archicad от Graphisoft, Allplan фирмы Nemetschek и другие, а также дополнения к ним, расширяющие их возможности. Возможности программ расширяют информационную модель от формата 3D – моделирования до 4D, в котором возможно добавление временной составляющей проекта (календарно-сетевого графика), и до 5D – модель включает наглядную детализацию стоимости проекта. Таким образом создается информационная модель здания, сооружения или комплекса объектов, которая может использоваться для визуализации полного цикла его возведения [1, 2].

Согласно исследованиям [3, 4] рассматривалось применение экономических критериев в BIM-технологиях для оценки эффективности строительных процессов. Отмечается возможность использования данных критериев в информационном моделировании для проектирования как жилых зданий, так и промышленных объектов. Разработана оценка норм продолжительности строительства жилых зданий с помощью регрессионных уравнений по продолжительностям циклов работ.

В работах [5, 6, 7] анализируются современные методы подхода к оценке точных методов строительства. Разработан алгоритм оптимизации поточного строительства комплекса объектов жилищно-гражданского назначения. Предложена методика мониторинга хода строительства, направленная на оптимальное управление своевременным выполнением работ в программе Microsoft Project. Также рассматривается подход многокритериального отбора оптимальных решений для формирования организационно-технологических систем строительных объектов.

Полученные критерии оптимизации организационно-технологических схем могут быть использованы для выбора самых устойчивых вариантов.

Цель данного исследования заключается в совершенствовании методологии календарного планирования с помощью информационного моделирования, а также организации и управления как для одного объекта, так и для комплекса из нескольких последовательно возводимых (реконструируемых) объектов. Это позволяет учесть инвестиционные затраты и расходы при строительстве объекта.

Календарный план является документом, который определяет последовательность, интенсивность и продолжительность производства работ, потребность в трудовых, технических, финансовых и других ресурсах, используемых в строительстве. Основная задача календарного планирования заключается в составлении расписания выполнения работ, удовлетворяющего многим ограничениям, а именно: ограничениям по времени; по равномерному использованию ресурсов: трудовых, финансовых, материальных. В данной статье рассмотрена методика оценки календарного графика по такому экономическому показателю, как чистый дисконтированный доход (NPV) с использованием информационного моделирования.

**Чистый дисконтированный доход (Net Present Value, NPV)** – это текущая стоимость денежных потоков инвестиционного проекта, с учетом ставки дисконтирования, за вычетом инвестиций. Суть показателя состоит в сравнении текущей стоимости будущих поступлений от реализации проекта с инвестиционными вложениями в проект. Чистый дисконтированный доход рассчитывается как разность между суммарной текущей стоимостью доходов, скорректированной на ставку дисконтирования, и текущей стоимостью инвестиционных затрат.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - C_t)}{(1+E)^t},$$

где  $R_t$  – величина дохода;  $C_t$  – величина затрат, включая инвестиционные затраты;  $t$  – момент времени получения дохода или осуществления затрат;  $T$  – продолжительность жизненного цикла проекта [8].

Данный экономический показатель рассчитывается для каждого  $t$ -периода на период строительства. Каждый  $t$  – период выбирается с интервалом, зависящим от общей длительности строительства объекта или комплекса объектов.

#### **Методика динамической оценки качества проекта:**

1. Создание 3D модели в программе Revit. Уровень проработки модели должен содержать достаточную информацию, необходимую для основных проектных задач [9].

2. Добавление атрибутов ко всем компонентам модели (производитель, характеристики материала, стоимость и другие). В графу со стоимостью материалов возможно задать не только саму стоимость, но и формулу с расчетом полной экономической составляющей процесса монтажа данного материала, учитывая показатели трудоемкости, стоимость монтажа и другие.

3. Экспорт модели в расчетные программы (например, Robot structural, Ansys, Tekla, Лира и другие), где производят конструктивный расчет модели. В случае необходимости модель корректируют и дополняют.

4. Создание первичного календарного графика строительства в программе Microsoft Project на основе метода критического пути.

5. Далее производят экспорт модели в программу Navisworks, где производят проверку модели на наличие ошибок с помощью модуля clash detective.

6. При наличии ошибок, они помечаются с помощью тегов, экспортируются обратно в программу Revit, и модель корректируется.

7. Производят подсчет ресурсных ведомостей с помощью модуля quantification.

8. С помощью модуля timeliner в программе Navisworks осуществляют моделирование сценария строительства информационной модели, используя данные из Microsoft Project.

9. Данные экспортируются в стороннюю программу (например, Excel), где производится оценка данных на основе построенного графика, отражающего изменения чистого дисконтированного дохода (NPV).

10. Производят оптимизацию календарного графика путем сдвига работ, не лежащих на критическом пути, убирая пики и падения графика NPV.

11. Затем выполняется генерация различных сценариев, используя средства визуализации Navisworks, позволяя оптимизировать графики на основе экономических показателей с учетом временной составляющей

**На основе построенной методики возможно сделать следующие выводы:**

- появляется возможность оптимизации календарного графика на основе экономических показателей, что также дает инструмент оценки принимаемых решений в режиме реального времени;

- методика может применяться практически для любого строительного объекта;

- для проведения методики необходимы знания многих программ;

- несмотря на то, что методика занимает больше времени, чем традиционное архитектурно-строительное проектирование, она позволяет заранее смоделировать экономические затраты на всем периоде строительства объекта;

- для упрощения данного анализа необходимо программное обеспечение, связывающие применяемые программы, что ускорит процесс проектирования.

## **Литература**

1. Талапов В.В. Технология BIM: что можно считать по модели, созданной в Revit / Талапов В.В. Isicad: сетевой журн.– 2012. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=15546](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15546).

2. Информационные технологии и архитектурное проектирование: практика применения// CADmaster. 2012. №4 (65).

3. Болотин С.А. Основы методологии современного архитектурно-строительного, организационно-технологического и энергоресурсосберегающего проектирования // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1. С. 143-148.

4. Болотин С.А., Дадар А.Х., Птухина И.С. Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительностей строительства // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 7. С. 82-86.

5. Нефедова В.К. Организация эффективного регулирования ресурсами при комбинаторной оптимизации календарных планов строительства. Авт.реф. к.т.н. СПб.: СПбГАСУ. 2004. С.10-18.

6. Мищенко В.Я., Емельянов Д.И., Аноприенко Е.Г. Пути совершенствования планирования работ по строительству и технической эксплуатации комплекса объектов недвижимости // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 6. С. 38-40.

7. Мищенко В.Я., Емельянов Д.И., Тихоненко А.А. Обоснование целесообразности использования генетических алгоритмов при оптимизации распределения ресурсов в календарном планировании строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №10. С. 69-71.

8. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 2000. С. 54.

9. Бенклян С.В. Уровни детализации элементов информационной модели здания/С.В. Бенклян // Isicad: сетевой журн.– 2014. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17329](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17329)

## УДК 69.009

*Александр Петрович Васин*, канд. техн. наук,  
доцент  
*Юлия Витальевна Преснова*, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: vasin-57@mail.ru,*  
*julia\_presnova@bk.ru*

*Alexander Petrovich Vasin*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
*Yulia Vitalyevna Presnova*, Graduate student  
(Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: vasin-57@mail.ru,*  
*julia\_presnova@bk.ru*

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НОМЕНКЛАТУРЕ И СОСТАВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ ПО ПРОЕКТАМ 1960–1980-х ГОДОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

### RECOMMENDATIONS FOR NOMENCLATURE AND COMPOSITION OF CONSTRUCTION PROCESSES RECONSTRUCTION OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS BUILT ON THE DRAFT 1960–1980-ies in St. Petersburg

Систематизированные методы организации работ: беспростойная работа бригад (НИР), непрерывное освоение фронтов ((НОФ), метод критических работ (МКР), предложенные профессором В.А. Афанасьевым, позволяют логически обоснованно назначить оптимальную очередность освоения фронтов при реконструкции объектов капитального строительства.

*Ключевые слова:* строительство, строительные процессы, потоки в организации строительства, планирование календарное.

Cistematizirovannye methods: besprostojnaja work brigades (NIR), continuous mastering fronts ((NOF), the critical work (MCR), proposed by Professor V.A. Afanasieff, allow you to logically reasonably assign optimal priority development fronts during the reconstruction of objects of capital construction.

*Keywords:* building, construction processes, threads in the construction, planning calendar.

Современный этап развития г. Санкт-Петербурга характеризуется повышением потребности в количестве дошкольных и школьных образовательных учреждений. К настоящему времени возросли требования технических регламентов к качеству объемно-планировочных решений и комфорту в помещениях внутри здания. Наблюдается острая нехватка мест для детей в дошкольных и школьных образовательных учреждениях.

Сложившаяся конструкция зданий, построенных по проектам 1960–1980-х годов, не позволяет внедрить новые функционально-технические процессы. Объемно-пространственная модернизация зданий общеобразовательных учреждений является объективно необходимой задачей для улучшения социальной сферы и архитектурной структуры города.

В исследовании не рассматривалось ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей здания, вызванное объективными причинами, т. е. несоответствие требованиям современных технических регламентов, которые устанавливают минимально необходимые требования механической, пожарной безопасности, безопасности при опасных природных и техногенных воздействиях, безопасности пребывания и пользования зданиями и сооружениями, доступности зданий и сооружений для групп населения с ограниченными возможностями, энергетической эффективности и безопасного уровня воздействия на окружающую среду, т. е. *физический износ* [1].

В случае капитального ремонта зданий объемно-планировочные и конструктивные решения зданий не претерпевают значительных изменений. Поскольку *капитальный ремонт объекта капитального строительства* – замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов [2]. В процессе капитального ремонта невозможно удовлетворить требования современных технических регламентов.

Основной целью исследования является разработка рекомендаций по реконструкции, обеспечивающих сдачу в эксплуатацию комфортных зданий общеобразовательных учреждений в проектные сроки, с высоким качеством и минимальными денежными, трудовыми и материальными затратами.

Главной функцией проектирования является принятие рационального решения по срокам и последовательности выполнения процесса, составу технических средств, количеству и составу звеньев (бригад) рабочих.

В любом случае первым этапом работ для проектирования реконструкции зданий общеобразовательных учреждений, построенных по типовым проектам в 1960–1980-х годах, является *комплексное обследование*.

Поставленная в работе цель обусловила необходимость решения следующих задач:

- определение объемов работ;
- формирование бригад для выполнения работ;
- расчет продолжительности;
- выбор метода организации поточных работ;
- проектирование календарного плана с графиком движения рабочих;
- оценка технико-экономических показателей календарного плана.

Поэтому в исследовании рассматривается вариант постепенного (во времени) отклонения основных эксплуатационных показателей от современного уровня технических требований эксплуатации зданий, т. е. *моральный износ* [1].

К модернизации действующих общеобразовательных учреждений, построенных по типовым проектам в 1960–1980-х годах, относится изменение параметров, реконструкция существующих зданий или их частей различного назначения: учебные, вспомогательные, спортивные и т. д. В свою очередь, изменение параметров ремонтируемого здания, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов - относятся к *реконструкции объектов капитального строительства* [2].

Основными показателями эффективности предлагаемого решения организации работ реконструкции являются себестоимость, трудоемкость и продолжительность выполнения процесса. В свою очередь, себестоимость процесса учитывает затраты труда и продолжительность выполнения работ. Главные показатели опре-

деляются до начала проектирования. Сам процесс проектирования принимает вариантный характер, когда в каждом конкретном случае разрабатывается несколько решений. К использованию в практике принимается вариант, имеющий лучшие главные показатели, например, при наименьшей продолжительности одинаковые трудоемкости, при большей продолжительности меньшая себестоимость и т. п.

Значительный вклад в развитие теории оптимизации неритмичных потоков, а также в разработку теоретических основ формирования и оптимизации календарных планов был внесен профессором В.А. Афанасьевым, которые в дальнейшем были развиты в работах его учеников и исследователей. Разработаны и усовершенствованы методики формирования и расчета параллельно-поточной организации работ, позволяющие значительно повысить эффективность строительства или реконструкции объектов [3, 4].

Из всей совокупности простых процессов, составляются ведомости затрат труда и машинного времени, затем формируются технологические комплексы работ. Формирование производится по принципу одновременного выполнения нескольких простых процессов на одной захватке. После формирования технологических комплексов работ составляется таблица, где комплексы работ указываются в строгой технологической последовательности.

Формирование бригад начинается с выбора наиболее эффективных условий строительства и способов возведений работ. Набор способов осуществляется по ЕНиР, что приводит к формированию большого перечня работ. Он должен быть рассмотрен с целью объединения возможных видов работ, которые могут выполняться одновременно на одном частном фронте.

Работы, требующие для своего производства минимального числа рабочих, выполняются специализированным звеном. Работы, требующие для своего производства несколько специализированных звеньев, выполняются специализированной бригадой. Работы, для производства которых нужно несколько специализированных бригад, выполняются комплексной бригадой.

Таким образом, выбор состава бригад зависит от конечной строительной продукции. Предполагается, что состав бригад не меняется при переходе с одного частного фронта на другой, т. е. интенсивность работ постоянна. В бригаду объединяются рабочие разных специальностей. Главная задача – обеспечение возможности их совместной работы на одном частном фронте.

#### **Операции, производимые при реконструкции здания по методам надстройки или пристройки**

№	Метод надстройки здания	Метод пристройки к зданию
1	Обследование	Обследование
2	Подготовка строительной площадки	Подготовка строительной площадки
3	Демонтаж кровли	Выборка грунта под устройство котлована
4	Демонтаж покрытия	Устройство подстилающего слоя
5	Монтаж несущих и ограждающих конструкций (перекрытие, лестничные клетки, установка колонн, ригелей, плит покрытия)	Устройство бетонной подготовки
6	Монтаж конструкций кровли	Бетонирование фундаментной плиты
7	Устройство внутренних стен и перегородок	Бетонирование железобетонных стен подвала с устройством лестничных маршей

№	Метод надстройки здания	Метод пристройки к зданию
8	Заполнение проемов (окна, двери)	Бетонирование плиты перекрытия
9	Устройство подготовки под полы	Устройство монолитных балок
10	Отделочные работы (штукатурные работы, устройство подвесного потолка, малярные работы, облицовочные работы, устройство чистых полов), Облицовка фасада	Бетонирование стен 1-го этажа с устройством лестничных маршей
11	Благоустройство территории	Бетонирование плиты перекрытия
12		Устройство монолитных балок
13		Бетонирование стен 2-го этажа с устройством лестничных маршей
14		Бетонирование плиты покрытия
15		Монтаж конструкций кровли
16		Устройство внутренних стен и перегородок
17		Заполнение проемов (окна, двери)
18		Устройство подготовки под полы
19		Отделочные работы (штукатурные работы, устройство подвесного потолка, малярные работы, облицовочные работы, устройство чистых полов), Облицовка фасада
20		Благоустройство территории

В качестве базового объекта оценки эффективности реконструкции была выбрана школа № 184 Калининского района города Санкт-Петербурга, расположенная по адресу: улица Верности, дом 38, корпус 4, литера А.

В результате расчета матриц по методам: *непрерывного использования ресурсов (НИР)*; *непрерывного освоения фронтов (НОФ)* и *критических работ (МКР)*, для реконструкции школы наиболее рациональным вариантом организации работ выбран метод непрерывного освоения фронтов.

Метод непрерывного освоения фронтов используют при ремонте и реконструкции объектов, так как обеспечивает наименьшую продолжительность работ на объекте. Рекомендуется для выполнения больших объёмов однотипных работ, но поскольку у нас много видов работ этот метод не является рациональным. Организация данным методом наиболее приближена к реальным условиям и исключает простой фронтов. Расчетные сроки не превышают нормативные.

Наиболее целесообразным методом реконструкции выбрана надстройка этажа, который имеет как преимущества, так и недостатки. При устройстве дополнительного этажа необходимо передать дополнительную нагрузку на нижележащие существующие конструкции здания, включая грунты основания. Велика вероятность выполнения мероприятий по увеличению несущей способности существующих грунтов оснований, фундаментов и отдельных конструкций надземной части здания.

Значительное увеличение новых площадей и объемов зданий может привести к тому, что пропускной способности существующих инженерных сетей будет недостаточно для нормального обеспечения ресурсами реконструированного здания. В этом случае требуется прокладка дополнительных коммуникаций или модернизация существующих.

Таким образом, решение задачи удовлетворения потребности в количестве и качестве мест в общеобразовательных учреждениях, построенных по типовым проектам 1960–1980-х годов, возможно только применением методов вариантного проектирования реконструкции комплекса существующих зданий Санкт-Петербурга.

### Литература

1. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ. Принят Государственной Думой 22 декабря 2004 года (ред. от 07.03.2017).
3. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 2010. 302 с.
4. Афанасьев В.А., Афанасьев А.В. Проектирование организации строительства, организации и производства работ. Л.: ЛИСИ, 1988. – 100 с.

### УДК 692

*Регина Радиковна Шарафутдинова,*  
магистрант

*Василя Касимовна Неведова,* канд. техн. наук,  
доцент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: regina.508@yandex.ru*

*Regina Radikovna Sharafutdinova,* Graduate student

*Vasilya Kasimovna Nefedova,* Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor

(Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: regina.508@yandex.ru*

## РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

### DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL DOCUMENTATION

Проект организации строительства и проект производства работ являются основными организационно-технологическими документами.

На сегодняшний день являются актуальными вопросы подготовки и управления инвестиционным строительным процессом. В данной статье рассматриваются основные проблемы при разработке проекта организации строительства и проекта производства работ, подход к решению задач по разработке организационно-технологической документации при взаимодействии всех участников строительного процесса.

*Ключевые слова:* организационно-технологическая документация, проект организации строительства, проект производства работ.

Project of organization of building, project of execution of work – are the main organizational-technological documentation.

The questions of preparation and management of building process is actual today. In this task is offered main problems of project of organization of building, project of execution of work, the new approach to solutions of organizational-technological documentation. It means the development with participation of all investment building process and usage of modern automation methods.

*Keywords:* organizational-technological documentation, project of organization of building, project of execution of work.

Проект организации строительства и проект производства работ являются основными организационно-технологическими документами при строительстве

объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения.

Эти документы содержат мероприятия по наиболее эффективной организации строительства с использованием современных средств техники и информации. В эти документы включаются наиболее прогрессивные технологии строительного производства с применением высокопроизводительных и мобильных средств механизации, способствующие улучшению качества, сокращению сроков и себестоимости работ.

Проект организации строительства и проект производства работ обеспечивают высококачественное и в заданные сроки безопасное выполнение работ, поскольку содержат мероприятия по выполнению требований технических регламентов в строительстве.

Проекты организации строительства разрабатывают проектные или проектно-технологические организации в составе проектной документации.

Ответственность за разработку и наличие проекта производства работ на строительной площадке несут генподрядные строительные организации. Располагая квалифицированными инженерными кадрами, строительная организация может своими силами разработать проект производства работ или обращается в проектные или проектно-технологические организации.

Строительный комплекс сегодня – достаточно раздробленное, не управляемое из единого или нескольких центров множество самостоятельно хозяйствующих субъектов, обладающих своими специфическими особенностями и не связанные с системными целями.

К сожалению, при подготовке и управлении инвестиционным строительным процессом многие специалисты по организации строительного производства, специалисты экспертизы и надзорных органов отмечают отсутствие системной действенной нормативной базы, регламентирующей состав, содержание и порядок разработки организационно-технологической документации, необходимой для производства строительного-монтажных работ.

СП 48.13330.2011 «Организация строительства» носит рекомендательный характер, в данном документе отсутствуют состав и содержание организационно-технологической документации. Возникли проблемы при составлении организационно-технологической, вследствие чего строительные организации стали пренебрегать документами, регламентирующими технологическую дисциплину, что приводит к снижению качества строительства, возникновению аварийных ситуаций.

В постановлении Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» указано, что для «объектов, финансируемых полностью или частично за счет средств бюджета, ПОС разрабатывается в полном объеме, а во всех остальных случаях необходимость и объем разработки ПОС определяются заказчиком и указываются в задании на проектировании, что противоречит Градостроительному кодексу РФ, в соответствии со статьей 48 п. 12 подп. 6 в состав проектной документации которого входит ПОС объектов капитального строительства.

Большая проблема возникает у проектировщиков ПОС при расчете потребности в кадрах, машинах и механизмах, строительных материалах и т. д., при условии, что смета еще не составлена и тем более не утверждена. В этом случае расчеты ведутся по укрупненным показателям с использованием переводных коэффициентов и зачастую они отличаются от реальных. Так же, на момент разработки ПОС

неизвестна строительная компания, которая будет выполнять строительномонтажные работы. Этот факт также уменьшает точность расчетов.

При определении потребности строительства в ресурсах необходимы рекомендации генподрядных и субподрядных организаций, поскольку на практике, при привязке к конкретной строительной организации используются имеющиеся у данной компании средства производства, а изменение основных строительных механизмов, их количества может свести на нет разработку строительного генерального плана в составе ПОС.

Проект организации строительства в составе проектной документации может разрабатываться в две или одну стадии в зависимости от объема и сложности объекта. Однако проектировщики, ссылаясь на ограниченные сроки, а также на постановление Правительства РВ № 87 от 16.02.2008 «В целях реализации в процессе строительства архитектурных, технических и технологических решений, содержащихся в проектной документации на объект капитального строительства, разрабатывается рабочая документация, состоящая из документов в текстовой форме, рабочих чертежей, спецификации оборудования и изделий», разрабатывают документацию в одну стадию.

В то же время требования к разработчикам ПОС и ППР со стороны контролирующих организаций растут, причем решения, принятые в ПОС, подвергаются прохождению государственной экспертизы, а затем, детализированные в ППР, проверяются Ростехнадзором. У каждой из контролирующих организаций свои замечания. В итоге разработчику непонятно, в какой степени детализации следует разработать ПОС.

Традиционная схема взаимодействия участников инвестиционного строительного процесса устарела в связи с убыстрением инвестиционного цикла. Наиболее эффективной на данный момент становится схема взаимодействия с участием управляющего проекта, т. е. управление проектом идет из одного центра, когда управляющий сам себе подбирает себе команду высококвалифицированных специалистов, способных обеспечить высокое качество и меньшую себестоимость работ.

Таким образом, для устранения разногласий при составлении организационно-технологической документации предлагается объединить разработку ПОС и ППР из единого центра с использованием программных комплексов, что позволит разработчику решать наиболее сложные типовые задачи, использовать типовые решения, что позволит сократить трудоемкость, сроки и расходы на проектирование, повысить уровень инженерной подготовки строительства, в том числе разработке строительных генеральных планов. Использование типовых универсальных программных комплексов, применяемых для разработки ПОС и ППР, позволит оперативно корректировать проект. А также высокая степень автоматизации снизит требования к опыту специалистов.

Так же для выбора оптимальных конструктивных, технологических и организационных решений необходимо осуществлять вариантную проработку. Компромиссное решение может быть достигнуто только при взаимодействии всех участников инвестиционного строительного процесса, поэтому состав и степень детализации материалов, разрабатываемых в организационно-технологической документации, должны выполняться исходя из специфики и объема выполняемых работ с участием соответствующих подрядных строительных организаций.

## Литература

1. Нанасов П.С. Управление проектно-строительным процессом (теория, правила, практика) : Учебное пособие.- М.:Издательство АСВ, 2005.-160с.
2. МДС 12 - 46.2008 Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по сносу (демонтажу), проекта производства работ.
3. РД-11-06-2007 Методические рекомендации о порядке разработки проекта производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ.
4. Современные методы автоматизации проектирования строительных генеральных планов: Учебно-методическое пособие. - М.: НОУ «Стройперсонал», 2008.

## УДК 69

Эмилия Скупинь, канд. техн. наук,  
доцент  
(Вроцлавский технологический университет)  
E-mail: emilia.skupien@pwr.edu.pl

Emilia Skupień, Ph.D. of Sci. Eng., Associate  
Professor  
(Wroclaw University of Science and Technology)  
E-mail: emilia.skupien@pwr.edu.pl

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВРЕМЕННЫХ СОЧЕТАНИЙ (ТСМ) ДЛЯ РАСЧЁТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ПУТИ

### TIME COUPLINGS APPLICATION FOR CALCULATION OF INLAND WATERWAY CAPACITY

В статье представлен расчет пропускной способности внутреннего водного транспорта с использованием ТСМ для планирования маршрута судов на канале. ТСМ как метод оптимизации используется для максимизации пропускной способности ограничивающих шлюзов, которые являются узкими местами на водных путях.

The paper presents the calculation of inland waterway capacity, using TCM for scheduling ships route on canalized waterway. TCM as an optimization method is used for maximization the capacity of the limiting locks, which are bottlenecks on waterways.

*Keywords: Time Couplings Method, waterway capacity, inland waterway navigation*

Scheduling continuous processes occurring in many areas, i.e. in: road transport, railway transport, building and others, has been the subject of many studies in particular with regard to the constraints and the minimal-time objective function [1, 2].

Time Couplings Methods are mostly used in civil engineering to construction field works scheduling. However TCM as a scheduling method can be adapted to be used in inland waterway transportation planning. Time Couplings Methods (TCM) used for scheduling of processes, need the division into sectors and resource. In the case of optimisation transport process the priority is to ensure the continuity of processes  $P_1 \dots P_m$  (e.g. navigation of ships and lockage), in sectors  $S_1 \dots S_n$  (e.g. sections of canalized waterway). To conduct the calculations, also determine the execution times  $T_{1.1} \dots T_{n.m}$  (time of going through one sector) is required. The continuity of processes is assured when  $LT_{1.1} \dots LT_{n.m}$  (time distances between processes), are equal to zero.

To perform calculations one can use the matrix models. It enables linking transport processes running on sections in time and space. In such a matrix, time  $T = [t_{ij}]$   $i = 1, 2, \dots, n$   $J = 1, 2, \dots, m$  and the matrix dimensions are  $n \times m$  [3].

The first step to build the matrix is to define a set of column vectors describing transport processes. The coordinates of these vectors are the times of transport processes. In the second stage, one builds a matrix of transportation completion times ( $T$ ), grouping column vectors in a fixed order, resulting from the order taken.

**Time Couplings Methods in inland waterway navigation planning.** Transportation process of ships on canalized waterway needs to take into account the collision freedom of ships navigating in opposite directions. The optimization focuses on minimizing the waiting times in places of units crossing (locks of the channel).

Planning a continuous transport process with the minimum time in the so-called «bottleneck» can be done only when modelling rhythmic processes. The calculation of canalized waterway capacity requires determining time of cycle route of a ship. It is calculated using the equation (1).

$$P = \frac{B \cdot b \cdot W \cdot a \cdot l}{c \cdot 1000}, \quad (1)$$

where  $P$  – capacity [thousand tons];  $B$  – number of days of possible navigation in a year [-];  $b$  – number of working hours of locks in a day [-];  $W$  – capacity of a ship [tons];  $a$  – ratio of average ship utilization and traffic irregularity (here:  $a=0,85$ ) [-];  $l$  – number of cruises started during one cycle (number of pushing trains operated at the same time [-];  $c$  – the duration of a cycle for one ship (from the time of departure on the first cruise to the commencement of the next cruise) [h]. [4]

To achieve the maximum capacity of canalized waterways, the usage of bottlenecks (locks) has to be maximized. It can be done by finding a minimum time between every two ships navigating in the same direction and making a timetable for ships navigating on opposite directions on the examined section.

Data, needed to calculate the cycle time for inland waterway ships navigating on canals, using TCM includes coordinates of points (route) to create a cyclograph (Table 1) and duration of processes (navigation and lockage of ships) (Table 2). To include the fact, that ships navigate with different speed going up and down-stream, the downstream navigation parameters were marked using “ ‘ ”.

Table 1 includes only one column of Value on the axis y for  $x_0$  to  $x_n$ , because the distance [km] between each points do not change.

*Table 1*  
**Coordinates of points (route)  
to create a cyclograph**

	$x_0$ to $x_n$
y for process m	$Y_{0m}$
...	...
y for process 1	$Y_{01}$

*Table 2*  
**Duration of processes (navigation and lockage of ships)**

	Starting time	Duration of process 1		Duration of process n
Process m	$t_{0m}$	$t_{1m}$	...	$t_{nm}$
...	...	...	...	...
Process 1	$t_{01}$	$t_{11}$	...	$t_{n1}$
	Starting time	Duration of process 1'		Duration of process n'
Process 1	$t_{0'1}$	$t_{1'1}$	...	$t_{n'1}$
...	...	...	...	...
Process m	$t_{0'm}$	$t_{1'm}$	...	$t_{n'm}$

A basic assumption for calculating the maximum capacity of the waterway is to achieve a maximum use of a limiting lock (the lock on examined section on with lockage last the longest). To ensure it, after one ship leaves a lock in one direction, the other comes from the opposite. Time between two following processes 1 ... m and 1' ... m' is doubled time of lockage on limiting lock. It guarantees constant use of the limiting lock.

It was adopted that ships navigating in the same direction on the same section will navigate with the same speed (the duration time of processes 0 to n will be the same, and duration time of processes 0' to n' will be the same).

The graphic presentation of the data is shown on a cyclograph on Fig. 1. It shows ships location on a canal, time of lockage and the time of navigation between locks (on sections).

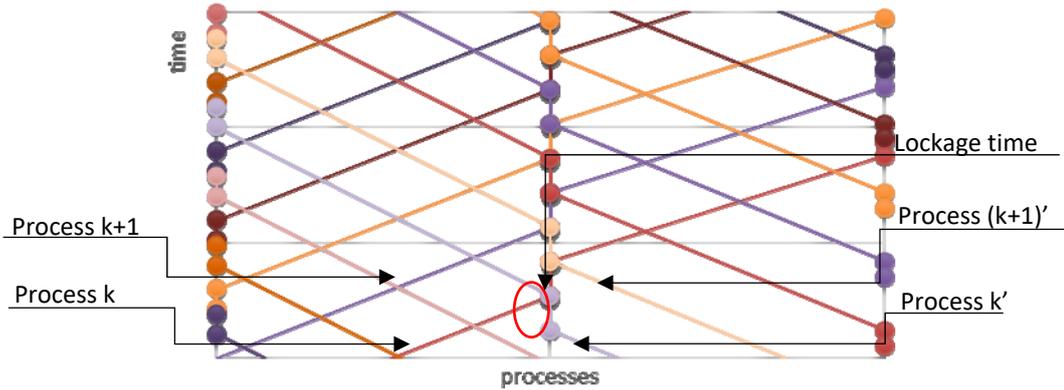


Fig. 1. Cyclograph of ships navigating on a canal

Adopting obtained results the capacity of canalized waterway can be calculated using the equation (1). On the example of one of Polish canals (Gliwicki Canal) the data needed to conduct such a calculation are as follows:

- $B = 275$  days,
- $b = 16$  h,
- $W = 515$  tons (for BPP500 barge, immersion  $T=1,55m$ ),
- $a = 0,85$ ,
- $l = 25$ ,
- $c = 15h$ .

The specifics of calculation are shown in [5]. The results of example calculation are conducted below.

$$P = \frac{B \cdot b \cdot W \cdot a \cdot l}{c \cdot 1000} = \frac{275 \cdot 16 \cdot 515 \cdot 0,85 \cdot 25}{15 \cdot 1000} = 3210 \text{ thousand tons/year}$$

The [6] reports that all of the inland waterway transportation carriage in Poland in 2016 amounts 6200 thousand tons. The capacity of Gliwicki Canal overcomes needs in this area, but it is important to know the limits.

**Conclusion.** In presented research the author adopted a deterministic approach. Further step is to include the randomness of the transportation phenomenon. The paper shows the application of TCM to calculate the capacity of canalized inland waterway. Establishing the timetable and calculating a time of cycle of a ship was shown by provided the maximum exploitation time of a limiting lock on the examined section.

The papers presents different approach to TCM and shows that the method can be easily adopted to other than construction processes.

## References

- [1] Wen Fei W., Won Young Y.: *Scheduling for inland container truck and train transportation*, International Journal of Production Economics, Volume 143, Issue 2, June 2013, Pages 349-356.
- [2] Chen X., Grossmann I., Zheng L.: *A comparative study of continuous-time models for scheduling of crude oil operations in inland refineries*, Computers & Chemical Engineering. Volume 44, 14 September 2012, Pages 141-167.
- [3] Hejducki Z., Rogalska M.: *Harmonogramowanie procesów budowlanych metodami sprzężeń czasowych*, Monografie. 246 s., Lublin 2017.
- [4] Skupień E.: *Coal transportation model in Odra Waterway*. Contemporary transportation systems: selected theoretical and practical problems: modelling of change in transportation subsystems / ed. by Ryszard Janecki, Stanisław Krawiec. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011. s. 123-132. Gliwice (2011).
- [5] Skupień E., Hejducki Z.: *Modelling a transport process using Time Couplings Methods*, Dependability Engineering and Complex Systems: proceedings of the Eleventh International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX, 2018, Brunów, Poland.
- [6] *Transport wodny śródlądowy w Polsce w 2016 r.* Opracowanie sygnowane: Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2017.

### УДК 69.009

Ангелина Ивановна Сендрева, магистрант  
Чейнеш Очур-ооловна Бахтинова, доцент,  
канд. техн. наук  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: sendreva.angelina@gmail.com

Angelina Ivanovna Sendreva, Graduate student  
Cheynesh Ochur-oolovna Bakhtinova, Ph.D.  
of Sci. Eng., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: sendreva.angelina@gmail.com

## ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В РОССИИ

### FORMATION OF ORGANIZATIONAL STRUCTURES OF CONSTRUCTION ORGANIZATIONS IN RUSSIA

Анализ и разработка новых методов организации и управления в строительстве являются актуальной темой в наши дни, исходя из высокого темпа строительства и выхода на новый уровень строительной индустрии в целом. В данной исследовательской работе был произведен анализ организационных структур строительных организаций и сделана попытка дать четкое определение термину «строительная организация»

*Ключевые слова:* строительство, организация строительства, формы собственности, участники, организация, управление строительством.

Analysis and development of new methods of organization and management in construction are an actual topic nowadays, proceeding from the high pace of construction and reaching a new level of the construction industry as a whole. In this research work, an analysis was made of the organizational structures of construction organizations and an attempt was made to give a clear definition of the term «construction organization».

*Keywords:* construction, organization of construction, ownership forms, participants, organization, construction management.

Молодым исследователям, которые вступили в ряды ученых по организации, планированию и управлению в строительстве интересно узнать в краткой формулировке, что означает термин «строительная организация»? Ведь «строительная организация» это предмет исследования, под которым понимается то, что находит-

ся в границах объекта, т. е. организации, планирования и управления в строительстве. За поиском ответа на данный вопрос молодой учёный первым делом обращается к классическим учебникам по организации строительства или строительного производства, и сталкивается с неожиданностью, нет четко сформулированной терминологии «строительная организация»!

*Цель* данной работы дать четкое определение термину «строительная организация». Для достижения цели произведён критический обзор существующих источников по организации строительства и произведен анализ формирования строительных организаций в России.

В учебнике «Организация строительного производства» под общей редакцией заслуженного строителя России, д-ра техн. наук, проф. Цая Т. Н. и д-ра экон. наук проф. Грабового П. Г. в **Главе 1. Общие положения** имеется подпункт *1.3. Строительные организации*, где приводится следующее «В строительном производстве, как правило, участвуют не одиночки, а целые коллективы, объединенные в строительные организации (фирмы), вступая при этом в определенные производственные отношения».

У Дикмана Л. Г. канд. техн. наук, профессора в учебнике «Организация строительного производства» в подпункте *2.3. Организационные формы собственности в строительстве* пишется: «В настоящее время в стране не сложилась четкая терминология строительных организаций» и т. д.

В учебниках ученых Юзефович А. Н., Серова В. М., Нестерова Н. А., Серова А. В. И др. даются понятия о системах строительных организаций в России. Пишется (как и в нормативно-правовых документах РФ), что организация или предприятие признается юридическим лицом только после ее регистрации в установленном в соответствии Гражданским кодексом РФ (ГК РФ). В соответствии Конституцией Российской Федерации и Законом РФ «О собственности» в России признаны два вида собственности – государственная и частная. На рис. 1 приведены организационные формы собственности в строительстве. Согласно Гражданскому кодексу РФ все предприятия и организации подразделяются на три большие группы:

- государственные и муниципальные предприятия;
- негосударственные организации;
- предприятия и организации со смещённой собственностью.

Ведение крупного бизнеса, реализация крупных хозяйственных проектов связаны с объединением нескольких предприятий. На основании таких объединений создаются строительные холдинги, корпорации, ассоциации. Примером такой строительной организации может послужить холдинговая компания «Группа ЛСР» города Санкт-Петербурга (рис. 2) [5].

Далее по данным Федеральной службы государственной статистики в таблице можно увидеть количество строительных организаций, распределенных по формам собственности [4].

В период прогрессивного развития строительной отрасли, начало XX века и до наших дней можно выделить два основных типа организации и управления строительством:

1) централизованный (времени СССР): система организации и управления, при которой все нижестоящие органы подчинены центральной власти, центру. Данный тип управления единолично существовал с 1925–1990 гг. Во времена СССР органом управления в строительстве являлись тресты, министерства, главные управления.



Рис. 1. Организационные формы собственности в Российской Федерации

2) децентрализованный (наши дни): тип организации, который появился за счет ослабления, или отмены в целом централизации; применительно к управлению выражается в передаче функций, прав и ответственности с верхних уровней организации на нижние или параллельные. Данный тип организации применителен в преобразованных акционерных обществах, частных строительных и проектные организации, бывшие тресты.

В конституции СССР 1936 г. было впервые применено понятие «форма собственности». А также говорилось о безраздельном господстве социалистической

системы хозяйства, социалистической собственности на средства производства в двух ее основных формах – государственной (общенародной) и колхозно-кооперативной [2]. Формы собственности социалистической системы устройства государства представлены на рис. 3.



Рис. 2. Организационная структура строительной компании «Группа ЛСР»

### Распределение действующих строительных организаций в Российской Федерации по формам собственности на 1 января 2017 года

	Число строительных организаций	в том числе:		
		организации, не относящиеся к субъектам малого предпринимательства	из них: средние предприятия	субъекты малого предпринимательства
<b>Всего</b>	<b>271 604</b>	<b>9475</b>	<b>1761</b>	<b>262 129</b>
в том числе по формам собственности:	государственная	778	–	–
	муниципальная	426	1	–
	частная	269 548	1700	<b>26 2129</b>
смешанная российская	242	242	20	–
прочие	610	610	40	–

	Число строительных организаций	в том числе:		
		организации, не относящиеся к субъектам малого предпринимательства	из них: средние предприятия	субъекты малого предпринимательства
		<b>В процентах к итогу, %</b>		
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
в том числе по формам собственности:				
государственная	0.3	8.2	–	–
муниципальная	0.2	4.5	0.1	–
частная	99.2	78.3	96.5	100.0
смешанная российская	0.1	2.6	1.1	–
прочие	0.2	6.4	2.3	–



Рис. 3. Формы собственности социалистической системы СССР

Исходя из данных электронного источника на момент социалистического строя государство было зарегистрировано 1127 строительных организаций [3].

С 1 сентября 2014 года в ГК РФ была принята статья о формах организационных структур компаний.

Публичным является акционерное общество, акции которого и ценные бумаги которого, конвертируемые в его акции, публично размещаются (путем открытой подписки) или публично обращаются на условиях, установленных законами о ценных бумагах. Правила о публичных обществах применяются также к акционерным обществам, устав и фирменное наименование которых содержат указание на то, что общество является публичным.

Общество с ограниченной ответственностью и акционерное общество, которое не отвечает признакам, указанным в пункте 1 настоящей статьи, признаются непубличными [6].

Проанализировав введенные уставом ГК РФ частные формы собственности можно выделить ряд нововведений публичное акционерное общество (ПАО) и непубличное акционерное общество (НАО):

1) раскрытие сведений – публичное общество вправе обратиться в Центробанк РФ с заявлением об освобождении от обязанностей раскрывать информацию о своей деятельности;

2) преимущественное право на покупку акций и ценных бумаг – публичное акционерное общество обязано во всех случаях руководствоваться только Федеральным законом «Об акционерных обществах» от 26.12.1995 № 208-ФЗ (далее Закон № 208-ФЗ);

3) ведение реестра, счетная комиссия – публичные и непубличные акционерные общества всегда обязаны делегировать ведение реестра акционеров собственными силами специализированным организациям, имеющим лицензию;

4) управление обществом – коллегиальный орган с не менее чем 5 членами, неотъемлемая часть ПАО.

*В заключение* можно сказать, что «строительная организация (предприятие, фирма)» – это самостоятельное юридическое лицо различных форм собственности, осуществляющее производственно-хозяйственную деятельность с целью получения прибыли, при этом отвечающее за доброкачественность и своевременность своей продукции.

### Литература

1. Дикман Л.Г. Организация строительного производства, 2006. С 608с.
2. Рыжик А.В. // Пробелы в российском законодательстве: Правовое закрепление форм собственности, 2011. С. 192-195.
3. Реестр членов СРО «СССР». URL: [https://srossr.ru/raskrytie\\_informatsii/reestr\\_chlenov\\_sro\\_ssr/](https://srossr.ru/raskrytie_informatsii/reestr_chlenov_sro_ssr/) (дата обращения 20.01.2018).
4. Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138716432453](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138716432453) (дата обращения 20.01.2018).
5. Организационная структура холдинга строительной организации. URL:[https://go.mail.ru/search\\_images?q=chvbm7.1.30&gp=811620#urlhash=5256859964224544360](https://go.mail.ru/search_images?q=chvbm7.1.30&gp=811620#urlhash=5256859964224544360)
6. «Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая)» от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 29.12.2017). ГК РФ Статья 66.3. Публичные и непубличные общества, 2014. 496 с.

### УДК 69.059.72

*Анастасия Сергеевна Колесник, магистрант*

*Александр Сергеевич Лавриненко,*

*магистрант*

*Чейнеш Очур-ооловна Бахтинова, канд. техн.*

*наук, доцент*

*(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)*

*E-mail: swimmer\_surgut@mail.ru, lavrinenko295@mail.ru, bahtinova.ch.o@gmail.com*

*Anastasia Sergeevna Kolesnik, Graduate student*

*Alexander Sergeevich Lavrinenko, Graduate*

*student*

*Cheynech Ochur-oolovna Bakhtinova, Ph.D.*

*of Sci. Eng., Associate Professor*

*(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)*

*E-mail: swimmer\_surgut@mail.ru, lavrinenko295@mail.ru, bahtinova.ch.o@gmail.com*

## АНАЛИЗ РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ ПО СОХРАНЕНИЮ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

### ANALYSIS OF REFURBISHMENT ACTIVITIES FOR CONSERVATION OF OBJECTS OF CULTURAL HERITAGE IN SAINT-PETERSBURG

Произведен анализ реставрационных работ по сохранению объектов культурного наследия (ОКН) в Санкт-Петербурге. По произведенному анализу получена динамика реставрации существующих ОКН в Санкт-Петербурге с 2015 по 2017 гг.

*Ключевые слова:* культурное наследие, объекты культурного наследия

The analysis of refurbishment activities for conservation of objects of cultural heritage (OCH) in St.-Petersburg is made. According to the analysis, the dynamics of the restoration of existing OKN in St. Petersburg from 2015 to 2017 is years.

*Keywords:* cultural heritage, the objects of cultural heritage

Для каждой современной цивилизованной страны, вопросы сохранения объектов культурного наследия имеют важное историческое значение. В частности, для России, кладезю сосредоточения таких объектов является город Санкт-Петербург. Он поистине уникален по количеству объектов культурного наследия и соизмерим с целыми европейскими странами. Не зря Санкт-Петербург включен в список всемирного наследия ЮНЕСКО. Мы не можем представить современную жизнь жителей культурной столицы без архитектурного наследия, которое составляет уникальное мировосприятие горожан, утверждает преемственность гуманистических ценностей, создает мировой имидж Санкт-Петербурга.

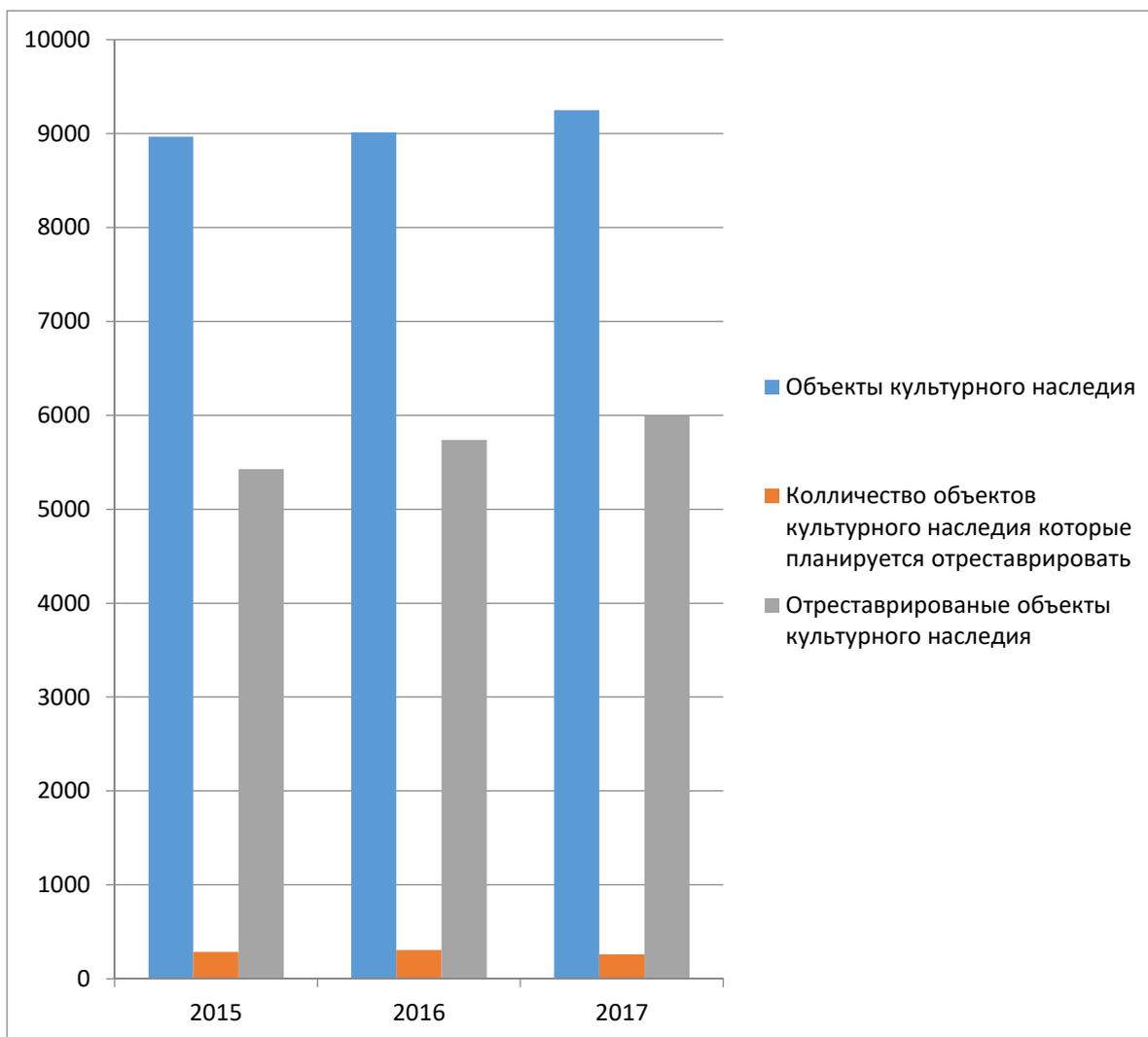
Исторические памятники позволяет выявить уникальную характеристику места, на котором расположены объекты культурного наследия (ОКН). Они позволяют в полной мере представить не только историческую значимость и уникальность места, но также получить социальный и экономический эффект от эксплуатации этих объектов. Перед государством и гражданами стоит задача обеспечить сохранность культурного наследия для будущих поколений страны.

На территории Санкт-Петербурга находится 9247 объектов культурного наследия мирового, федерального и регионального значения. Согласно Санкт-Петербургской стратегии, сохранение и мобилизация экономического ресурса таких объектов – приоритетное направление развития города, которое включает в себя широкий круг прямых и косвенных выгод для жителей северной столицы. Они выражаются в «немедленной экономической отдаче», росте занятости населения в широком спектре областей деятельности, в доходах от управления наследием, реставрации, туризма и его инфраструктуры.

В период с 2004 по 2017 год была проведена комплексная реконструкция более 3,5 тысяч ОКН [7]. На рисунке приведены результаты проведения анализа реставрации существующих объектов ОКН в г. Санкт-Петербург с 2015 по 2017 гг.

По произведённому анализу видно, что в настоящее время проблема сохранения объектов культурного наследия достаточно актуальна. Наблюдается рост количества отреставрированных объектов культурного наследия с 2015 по 2017 гг. Количество объектов, подлежащих реставрации почти не изменяется.

В пункте 1 статьи 40 Федерального закона от 25.06.2002 № 73 – ФЗ (ред. от 29.12.2017) «Об объектах культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации» под термином «сохранение» понимаются ремонтно-реставрационные работы, направленные на обеспечение физической сохранности объекта культурного наследия, в том числе консервация объекта культурного наследия, ремонт памятника, реставрация памятника или ансамбля, приспособление объекта культурного наследия для современного использования, а также научно-исследовательские, изыскательские, проектные и производственные работы, научно-методическое руководство, технический и авторский надзор. В состав комплекса мероприятий по сохранению и реставрации отдельных ансамблей и объектов архитектурно-градостроительного наследия, в частности, входят ремонт, консервация и реставрация наиболее значимых памятников архитектуры и градостроительства с приведением их современного функционального использования в соответствие с историко-культурным назначением.



Сведения по реконструкции ОКН в г. Санкт-Петербурге с 2015 по 2017 гг.

Постановлением Правительства РФ от 03.03.2012 № 186 (с изменениями и дополнениями от 27 декабря 2012 г., 24 декабря 2013 г., 10 сентября 2014 г., 10 апреля 2015 г., 20 января, 25 мая, 9 июня 2016 г., 17 февраля, 28 июля 2017 г.) утверждена Федеральная целевая программа «Культура России (2012–2018 годы)».

Работы, связанные с реконструкцией объекта капитального строительства, регулируются законодательством, а именно:

Градостроительным кодексом РФ от 29.12.2004 года № 190-ФЗ (ред. от 31.12.2017).

Постановлением Правительства РФ от 21.06.2010 года № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства».

Постановлением Правительства РФ от 07.11.2008 года № 822 «Об утверждении Правил представления проектной документации объектов, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт которых предполагается осуществлять на землях особо охраняемых природных территорий (с изменениями и дополнениями от 15 февраля 2011 г., 26 марта 2014 г.)».

Исходя из технической составляющей работ по сохранению объектов культурного наследия, следует привести классификацию дефектов по степени значимо-

сти в соответствии с ГОСТ 15467-79 (с изм. № 1, утвержденным в январе 1985 г. “ИУС 4-85”) [6]:

*Критический дефект* – это дефект, при наличии которого здание, сооружение, его часть или конструктивный элемент функционально непригодны по условиям прочности и устойчивости, дальнейшая эксплуатация небезопасна, либо может повлечь снижение указанных характеристик в процессе эксплуатации.

*Значительный дефект* – это дефект, при наличии которого существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики строительной конструкции и ее долговечность.

*Малозначительный дефект* – это дефект, который существенно не влияет на эксплуатационные характеристики и долговечность здания, сооружения, конструктивного элемента. Необходимость устранения дефекта решается эксплуатирующей организацией в каждом конкретном случае.

#### **Классификация способов сохранения здания в зависимости от выявленных дефектов при техническом обследовании**

<b>Критические дефекты</b>	<b>Консервация, реставрация</b>
Значительные дефекты	Реставрация, приспособление объекта для современного использования
Малозначительные дефекты	Приспособление объекта для современного использования, ремонт

*В заключение* исследования можно отметить, что сохранение объектов культурного наследия является актуальной темой для проведения исследовательской работы. По результатам проведенного анализа были получены основания для дальнейшего развития исследовательских работ по сохранению ОКН.

Одним из способов исследования вопроса сохранения ОКН, является планируемая разработка организационно-экономической модели сохранения ОКН.

#### **Литература**

1. Немтинов К. В., Немтинов В. А. Методика обработки данных объектов культурно-исторического наследия // Перспективы Науки. 2011. №9 (24). С. 17-22.
2. Немтинов В. А., Горелов А. А., Горелов И. А., Немтинов К. В., Фреймовая структура информационной модели объекта культурно-исторического наследия // Университет им. В. И. Вернадского. 2011. №4 (35). С. 55-57.
3. Туманов Д. К. Роль оценки соответствия в процессе реконструкции зданий и сооружений // Технология и организация строительного производства. 2014. №3 (38). С. 33-35.
4. Федеральный закон РФ от 25 июня 2002 года (изм. 08.03.2015) № 3-ФЗ «Об объектах культурного наследия народов РФ».
5. Федеральный закон от 22 октября 2014 года № 315-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об объектах культурного наследия народов РФ”» и отдельные законодательные акты РФ (с изм. на 13 июля 2015 года).
6. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с изм. № 1).
7. Файншмидт Е. Оценка эффективности инвестиционных проектов. М., 2012. 185 с.
8. Официальный сайт КГИОП Санкт-Петербурга [электронный ресурс] <http://kgiop.gov.spb.ru>
9. Nailya Bagautdinova, Nail Safiullin «Historical and Cultural Heritage and Region’s Economic: Case Study Central and Eastern Russia». Procedia – Social and Behavioral Sciences. Vol. 188, 14 May 2015, pp.151-156.

10. Малинина, К. В. Методология управления развитием территорий объектов культурного наследия (на примере Санкт-Петербурга). Дата защиты 14.11.2007./64 научная конференция профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Библиотека ГОУ ВПО СПбГАСУ. СПб, 2007.

#### УДК 69

*Андрей Ильич Репелев*, магистрант  
*Василя Касимовна Нефедова*, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: repellev@yandex.ru*

*Andrey Ilich Repelev*, Graduate student  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: repellev@yandex.ru*

## ПРОБЛЕМЫ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

### PROBLEMS OF MONOLITHIC CONSTRUCTION AND WAYS TO SOLVE THEM

В наши дни, строительная отрасль активно развивается, и монолитное строительство занимает одно из ведущих мест во многих развитых странах, как за рубежом так и в России. Возросший интерес к применению бетона и железобетона обусловлен архитектурной выразительностью и индивидуальностью проектов, а также высокими физико – механическими свойствами материала, его долговечностью, возможностью получения бесшовных конструкций, хорошей сопротивляемостью влажностным и температурным воздействиям. Но не смотря на все достоинства данной технологии, существует и ряд проблем, связанных с спецификой производства работ. Они требуют внимания и скорейшего поиска их решения.

*Ключевые слова:* монолитное строительство, проблемы технологии, опалубка, бетон, контроль качества.

Nowadays, the construction industry is actively developing, and monolithic construction occupies one of the leading places in many developed countries, both abroad and in Russia. The increased interest in the use of concrete and reinforced concrete is due to the architectural expressiveness and individuality of the projects, as well as the high physical and mechanical properties of the material, its durability, the possibility of obtaining seamless structures, good resistance to moisture and temperature effects. But despite all the advantages of this technology, there are a number of problems related to the specifics of production. They require attention and an early search for their solutions.

*Keywords:* monolithic construction, technology problems, formwork, concrete, quality control

На сегодняшний день, жилищная проблема в нашей стране сохраняется так же остро, как и много лет назад. Очевидно, что общим решением данной проблемы является индустриализация и развитие всех видов жилищного строительства: кирпичного, крупнопанельного, монолитного и др. В последнее время, на лидирующие позиции выходит монолитное строительство. Это обусловлено его технико-экономическими преимуществами по сравнению с другими видами строительства. Например, единовременные затраты на создание базы монолитного домостроения на 35 % меньше, чем в кирпичном, и на 40–50 %, чем в крупнопанельном, а расход стали снижается на 7–25 %, при этом экономия возрастает по мере повышения этажности [1].

Также немаловажными преимуществами монолитного строительства являются:

- возможность строительства в стесненных условиях, что особенно важно при дефиците территорий для массовой застройки и сохранении исторического облика города;
- возможность проектирования и строительства комфортного жилья с разнообразной планировкой, поскольку проектировщики не ограничены определенными типоразмерами;
- снижение материалоемкости конструкций и увеличение высотности возводимых зданий;
- снижение сроков строительства;
- возможность получения бесшовных конструкций, что, в свою очередь, улучшает шумоизоляцию в квартирах и домах, а также позволяет лучше сохранять тепло в помещениях.

Все эти факторы сделали монолитное домостроение самым высокотехнологическим видом строительства во всем мире. Об этом может свидетельствовать доля монолитного бетона и железобетона от общего объема бетонных конструкций, производимых в различных странах мира. Приведенные на рис. 1 данные характеризуют долю возведения конструктивных частей зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона в указанных странах, т. е. остальная часть направлена на производство сборных железобетонных конструкций [2].



Рис. 1. Доля монолитного бетона и железобетона от общего объема бетонных конструкций, производимых в различных странах, %

Однако, не смотря на все достоинства монолитного строительства, существует и ряд проблем, решение которых весьма актуально при увеличении объемов и стремлении сокращения сроков строительства. К основным проблемам можно отнести контроль качества монолитного бетона, слабая техническая база строительных организаций, низкая квалификация рабочих кадров и линейных работников.

Технология монолитного строительства имеет специфику, отличную от возведения кирпичных или панельных зданий, и требует квалификационную подготовку, как исполнителей, так и инженерных кадров. Довольно часто встречаются случаи, когда исполняющие рабочие не имеют представления об основных свойствах и правилах укладки бетонной смеси и режимах тепловой обработки бетона

при повышенных или отрицательных температурах. Также в погоне за сокращением сроков строительства и увеличении оборачиваемости опалубки, строители часто уменьшают продолжительность выдерживания бетона и производят более раннюю распалубку конструкций невзирая на правила, предусмотренные нормативной документацией. Все это впоследствии существенно сказывается на качестве конечной продукции.

Данную проблему нужно решить за счет постоянного повышения квалификации строительных кадров и выдачи специальных лицензий на выполнение работ, а также приостановление ее действия или аннулирование в случае низкого уровня качества выполняемых работ.

Еще одна распространенная ситуация, встречающаяся на отечественном рынке строительства, это низкое техническое оснащение строительных организаций. С точки зрения снижения трудоемкости и стоимости строительства, наиболее перспективным является совершенствование технологии опалубочных работ, так как они в значительной мере определяют производство монолитных работ. Это наглядно можно увидеть на диаграмме, изображенной на рис 2.



Рис. 2. Затраты на возведение железобетонного каркаса здания

В монолитном строительстве большой объем технологических операций приходится на долю ручного труда. Поэтому для сокращения трудоемкости и обеспечения качества работ, необходимо разработать методы управления строительными процессами и их автоматизации. Так как, основным этапом, определяющим сроки возведения монолитных конструкций, является выдерживание бетона, то существенно сократить время выдерживания бетона в опалубке и повысить ее оборачиваемость возможно за счет применения различных современных методов прогрева бетонной смеси, которые обеспечивают ускоренные темпы набора прочности бетона и, следовательно, раннюю распалубку.

Немаловажным является совершенствование системы управления качеством. Ведь строительные подрядные организации в большинстве случаев не имеют собственных лабораторий, контроль качества осуществляется эпизодически и не гарантирует получения полноценной информации. Отсюда возрастают требования к профессиональному уровню инженерно-технических работников строительных

организаций и к технадзору заказчика, поскольку они непосредственно отвечают за качество строительно-монтажных работ возводимых зданий и сооружений. На данном этапе развития монолитного строительства недостаточно выборочного контроля качества бетона по прессывым испытаниям образцов – кубов, поскольку данные не позволяют оперативно управлять процессами выдерживания бетона, а лишь подтверждают класс бетона при точечном отборе проб. Контроль качества поступающих материалов, технологии производства работ и качество бетона должны осуществляться непрерывно, а не эпизодически по уже сделанному факту. В условиях строительной площадки это практически невозможно, поэтому необходимо создание центральных лабораторий и лабораторий строительных организаций, а также обучение инженерно-технического персонала современным методам оперативного контроля.

Также необходимо ограничить разработку собственных стандартов предприятий, так как довольно часто они являются способом снижения требований к качеству выполняемых работ.

### Литература

1. Анпилов С. М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 576 с.
2. Абрамян С. Г., Ахмедов А. М. Современные опалубочные системы. Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. 71 с.
3. Анпилов С. М. Опалубочные системы для монолитного строительства. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. 280 с.

### УДК 69.059.7

*Владимир Алексеев*, магистрант  
*Василя Касимовна Нefeldова*, канд. техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: met-95.95@mail.ru, vkn7@mail.ru*

*Vladimir Alexeev*, Graduate student  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, Ph.D. of Sci. Eng., Associate Professor  
(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: met-95.95@mail.ru, vkn7@mail.ru*

## ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ ТИПОВОЙ ЗАСТРОЙКИ XX ВЕКА

### PROBLEMS OF RECONSTRUCTION OF PANEL HOUSES OF A TYPICAL DEVELOPMENT OF THE XX CENTURY

Исследуется понятие реконструкции панельных жилых домов и его история. Рассматриваются основные преимущества, актуальное состояние панельных жилых зданий в России, тенденции развития программ реконструкции в Российской Федерации и зарубежный опыт в данной сфере.

*Ключевые слова:* жилой, панельный, эффективность, реконструкция, энергосбережение, реновации.

The concept of reconstruction of panel houses and its history is investigated in the clause. Advantages, actual state of panel residential buildings in Russia, trends of developing of reconstructional programmes in Russian Federation and abroad are also included in the paper.

*Keywords:* residential, panel, efficiency, reconstruction, energy saving, renovations

В связи с прогрессирующим моральным и физическим износом зданий, повышенной плотностью застройки центральной части большинства городов России, ростом стоимости участков земли и сложной экономической обстановкой последних лет, реконструкция панельных жилых домов типовой застройки XX века является одним из актуальных и востребованных направлений жилищно-гражданского строительства на сегодняшний день. Наибольший интерес для Российских застройщиков в данной сфере представляют именно панельные дома хрущёвской постройки, или так называемые «хрущёвки - советские типовые серии панельных жилых домов, строительство которых имело массовый характер в 50-80-х гг. XX в. В условиях поставленной задачи по строительству обширных жилых площадей для Советских граждан в максимально сжатые сроки наряду с повышенными требованиями к экономичности и универсальности архитектурно-строительных решений, такие здания действительно на несколько десятков лет стали удобным выходом из сложившейся ситуации дефицита жилья в стране. По сравнению с ранее строившимися кирпичными многоквартирными домами, хрущёвки характеризовались простотой планировочных решений, аскетичностью архитектурных форм, меньшими жилыми площадями и заранее заложенной проектировщиками возможностью использования одних и тех же помещений по разному назначению. В то же время, по ряду параметров «хрущёвки» превосходили построенные в сталинский период многоквартирные деревянные двухэтажные дома типовых серий. Хрущёвские дома, как правило, в обязательном порядке снабжались минимально возможными сетями инженерного обеспечения здания – центральным отоплением, холодным водоснабжением и канализацией. Существенная экономия в строительстве достигалась не только благодаря использованию типовых железобетонных элементов, но и за счет отказа от характерной для сталинского периода внешней отделки зданий и использования декоративных элементов.

Основные проблемы первых «хрущёвок» были напрямую связаны с их основными достоинствами – быстрой сборкой и дешевизной. Планировочные решения и размеры площадей квартир были спроектированы таким образом, чтобы жить в каждой могла одна семья, однако на каждого жильца отводилась небольшая по нынешним меркам и стандартам нормативной документации площадь в 8 квадратных метров. Такое ограничение предопределило отсутствие архитектурных излишеств, поскольку предполагалось, что одна и та же комната может днем использоваться в качестве гостиной, столовой и кабинета, а ночью – в качестве спальни. В типовой серии домов «К-7» проектировщики в силу экономии отказались от балконов и лоджий, так как эти решения влекли за собой дополнительные расходы и ухудшали и без того низкие показатели теплоизоляции и шумоизоляции помещений. Отказ от использования лифтов позволил сэкономить до 8 % бюджета, однако высота здания в соответствии с действующей нормативной документацией ограничивалась пятью этажами. Максимальное упрощение конструктивных решений зданий позволяло производить монтаж пятиэтажного панельного жилого дома всего за 15 суток, а в случае острой необходимости – за неделю.

Современная нормативная документация в части строительства жилых многоквартирных зданий претерпела существенные изменения: увеличились требуемые нормативные площади квартир, возросли требования к КЕО и уровню инсоляции жилых помещений, корректировки произошли и в части инженерно-технического снабжения зданий. Немаловажен и тот факт, что, хотя рост городов России происходит от центра к периферии, очень малое количество застройщиков

в условиях экономического кризиса последних лет могут позволить себе оперировать земельными участками с большими площадями, и современное строительство предполагает рост зданий в высоту настолько, насколько это возможно. Под этот критерий не вписываются панельные пятиэтажные дома прошлого века, характеризующиеся отсутствием пожарных лифтов и незадымляемых лестниц, необходимых в домах высокой этажности. Ввиду растущих требований к энергоэффективности жилых домов в условиях энергетического кризиса и развития энергосберегающих технологий в России с учетом сурового климата ее территории, стал очевидным тот факт, что настало время отказа от устаревшего советского жилого фонда в пользу более современных и технологичных решений.

По статистике на данный момент в Российской Федерации насчитывается несколько десятков тысяч «хрущёвок» что составляет около 11,15 млн кв. м. Среди «городов-миллионеров» наиболее велика их доля в Перми (54,1% от общего количества многоквартирных жилых домов), Омске (41,9 %) и Красноярске (36,9 %), однако в ходе проводимых обследований конструкций зданий выяснено, что больше половины их них находится в аварийном состоянии.

Согласно существующей классификации, в период хрущевской застройки возводились как дома временного характера, так и серии жилых домов повышенного комфорта с более длительным сроком эксплуатации. Наиболее простым и экономичным решением в условиях реалий современной России является снос зданий, отслуживших свой срок. В 2017 г. в Госдуму Российской Федерации был внесен законопроект о реновации жилфонда Москвы, согласно условиям которого в ближайшие 20 лет в столице предполагается расселить почти 8 тысяч панельных жилых домов. Разработанная программа реновации была начата мэром Москвы еще в 90х гг. XX в. и получает свое продолжение на сегодняшний день. Соответствующий законопроект был подписан 14 июня 2017 г. Государственной Думой РФ и положил начало нового этапа реновации, затронувшего более полутора миллионов москвичей. При успешной реализации программы в столице предполагается ее постепенное распространение и в других городах России.

Однако по мнению многих специалистов, в некоторых случаях было бы достаточно провести реконструкцию здания. Как подсказывает зарубежный опыт реконструкции, часть зданий все же может «зажить новой жизнью», если к этому приложить определенные знания и усилия. Решение о сносе панельных пятиэтажек в России заинтересовало многие зарубежные издания средств массовой информации, опыт и трепетное отношение которых к историческому наследию за рубежом неоспоримы. Самые яркие примеры преобразования типового жилого фонда «хрущевского» периода, в которых удалось обойтись без сноса здания, находятся в Германии и Финляндии. Например, в 2010 г. был принят проект реновации старых панельных домов города Галле (Германия), в рамках которого особое внимание привлек жилой дом площадью 7,3 тыс. кв. м., запроектированный в 1960 г. архитектурным бюро Stefan Forster Architekten и получивший премию в категории «Лучший пример обновления городов в землях Саксонии-Анхальт». В результате мероприятий по реконструкции, проводимых в Лейнфельде, были уменьшены габариты здания, а число секций сократилось с 11 до 6. Стандартные планировки квартир преобразились в 18 различных вариантов, включая мезонинные апартаменты и даже квартиры с собственным садом. Путем удаления верхних этажей были достигнуты новые планировочные решения со ступенчатым объемом и большими крышами. Несколькими годами ранее в г. Лайнефельд (Германия) претерпело

настоящее «перерождение» старое панельное здание «Платтенбау» с жилой площадью 4,2 тыс. кв. м, превратившееся в комфортабельный жилой комплекс, состоящий из многоквартирных вилл.

Примером реконструкции в Финляндии может послужить построенное в 1965 г. жилое здание площадью 7621 кв. м. в городе Хельсинки. жилую площадь здания планируется дополнить 34-мя новыми квартирами, что составит почти 1822 кв. м, а придомовая территория обогатится двумя десятками новых парковочных мест. Следует отметить, что данный проект реконструкции предусматривает производство работ с соблюдением современных европейских экологических норм и не предусматривает отселения жильцов.

Таким образом, используя зарубежный опыт реконструкции панельных жилых зданий, можно эффективно и экономично обновить существующий жилищный фонд государства, поскольку многие запроектированные в период Советского Союза здания несут колоссальный запас прочности и способны прослужить еще долгие годы, а использование современных технологий способно сделать их комфортными и удобными для проживания людей в кратчайшие сроки, значительно меньше, чем время, требуемое для полного обновления жилого фонда страны.

### Литература

1. Речицкий В. Реконструкция памяти // Наука и жизнь. М.:ОНТИ, 2008. № 9. С. 28–36.
2. Миловидов Н. Н., Осин В. А., Шумилов М. С. Реконструкция жилой застройки / М.: Высшая школа, 1980. 240 с.
3. Коробова О. А., Соседко И.В. Реконструкция жилых домов первых массовых серий // Конструкции зданий. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2011. №3 (63). С. 20–22.

### УДК 693.547.32

Леонид Михайлович Колчеданцев, д-р техн. наук,  
профессор

Ольга Геннадиевна Ступакова, старший преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: olgan\_70@mail.ru

Leonid Mikhailovich Kolchedantsev, Dr. of Sci.  
Eng., Professor

Olga Gennadijevna Stupakova, Assistant  
Professor

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: olgan\_70@mail.ru,

## РАСЧЕТ КИНЕТИКИ НАРАСТАНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ЕГО ВЫДЕРЖИВАНИИ ПО СПОСОБУ ТЕРМОСА

### CALCULATION OF THE KINETICS OF GROWTH OF STRENGTH OF CONCRETE WHEN CURING IT BY WAY OF A THERMOS

Рассмотрены суть способа термоса, существующая методика его расчета, её недостатки. Предложена усовершенствованная методика расчета режима выдерживания бетона, позволяющая прогнозировать нарастание прочности во времени по температурно-временному фактору. Для определения температуры и прочности в каждом расчетном интервале разработан автоматизированный расчетный комплекс. Представлены три этапа расчета режима выдерживания бетона по способу термоса. Разработана инструкция по оперативному контролю прочности бетона, в соответствии с которой по данным времени замера температур и значений этих температур вначале определяется относительный возраст бетона, затем – его относительная прочность.

*Ключевые слова:* Зимнее бетонирование, способ термоса, методика расчета, температура, время, прочность.

Discusses the essence of the thermos method, the existing method of its calculation, its drawbacks. The improved method of calculating the mode of keeping the concrete, allowing to predict the increase of strength in time according to the temperature factor. To determine the temperature and strength in every settlement interval developed automated calculation complex. Presents three stages of simulation of the aging of the concrete by way of a thermos. The instruction for the operational control of the concrete strength in accordance with which according to the time of measurement of the temperatures and the values of these temperatures first, determine the relative age of the concrete, then its relative strength.

*Keywords:* winter concreting, the thermos method, the method of calculation, temperature, time, strength.

При возведении монолитных конструкций в зимнее время одним из наиболее эффективных способов является способ термоса, который заключается в следующем. При приготовлении бетонной смеси на заводе или на мобильном бетоносмесительном узле в неё вносится тепло с таким расчетом, чтобы на выходе из бетоносмесителя её температура была в пределах  $35 \div 25$  °С. После доставки бетонной смеси на строительную площадку она укладывается в опалубку, её открытые поверхности укрываются пленкой и утеплителем. Тепло, внесенное в бетонную смесь при приготовлении плюс тепло экзотермии цемента, выделяющееся в твердеющем бетоне при его выдерживании, позволяют через трое-четверо суток получить прочность не менее критической. Качество бетона соответствует качеству бетона нормального твердения. Способ характеризуется минимумом энерго- и трудозатрат и целесообразен при бетонировании монолитных конструкций с модулем поверхности не менее  $6 \text{ м}^{-1}$ .

Основой методики расчета режима выдерживания бетона по способу термоса является уровень теплового баланса, предложенное Б. Г. Скрамтаевым:

$$C_b \cdot \gamma_b \cdot (t_{b.n.} - t_{b.k.}) + ЦЭ = \tau \cdot 3,6 \cdot K \cdot Mп \cdot (t_{b.ср.} - t_{н.в.}), \quad (1)$$

где  $C_b$  – удельная теплоемкость бетона, равна  $1,05 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$ ;  $\gamma_b$  – объемная масса бетона,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $t_{н.в.}$  – температура наружного воздуха, °С. Определяется по [3] с учетом конкретных условий строительства;  $t_{b.k.}$  – температура бетона к окончанию выдерживания. Для бетонов без противоморозных добавок рекомендуется принимать не менее  $+5$  °С;  $t_{b.n.}$  – температура бетона к началу выдерживания, °С;  $t_{b.ср.}$  – средняя температура бетона за время выдерживания, °С. Определяется по эмпирическим формулам, приведенными в [1] или [2];  $K$  – коэффициент теплопередачи опалубки и (или) укрытия неопалубленных поверхностей,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$ ;  $Mп$  – модуль поверхности;

$Ц$  – удельный расход цемента,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $Э$  – тепловыделения за время выдерживания бетона,  $\text{кДж}/\text{кг}$ . Принимается по таблицам, приведенным в [1] или [2];  $\tau$  – время остывания бетона от  $t_{b.n.}$  до  $t_{b.k.}$ , час.

Расчетными параметрами режима выдерживания бетона является его температура, время и достигаемая прочность, определяемые при заданных параметрах бетонизируемой конструкции, опалубки, утеплителя и условиях внешней среды.

Уравнение (1) в чистом виде не решается, так как в нем два взаимозависимых неизвестных, а именно искомое (определяемое) время остывания ( $\tau$ ) и тепловыделение цемента ( $Э$ ), которые при прочих равных условиях, также зависят от времени ( $\tau$ ).

Существующая методика расчета режима выдерживания бетона по способу термоса предусматривает выполнение расчета в три этапа:

- 1) в начале определяется время остывания бетона ( $\tau'$ ) без учета экзотермии цемента (из левой части уравнения (1) исключается слагаемое  $(Ц \cdot Э)$ );
- 2) по времени  $\tau'$  и средней температуре бетона  $t_{b.ср.}$  определяется значение  $(Ц \cdot Э)$ ;

3) по уравнению (1) рассчитывается время остывания бетона ( $\tau$ ) уже с учетом экзотермических тепловыделений.

Недостатками существующей методики являются: некоторая условность расчета по п. 1, так как определение продолжительности остывания бетона для случая без учета экзотермии цемента не соответствует реальной ситуации; средняя температура бетона рассчитывается на весь период его выдерживания, а набираемая прочность определяется на окончание времени выдерживания, что позволяет прогнозировать кинетику нарастания прочности бетона во времени.

Колчеданцевым Л. М. предложена методика расчета режима выдерживания бетона по способу термоса, устраняющая указанные недостатки. Расчеты, выполненные Ступаковой О.Г. вручную и в автоматизированном режиме при разработке и реализации ряда проектов производства работ, подтвердили эффективность усовершенствования методики.

Температуру твердеющего бетона предложено определять через определенные промежутки времени, например, через каждые 12 часов путем сопоставления теплосодержания бетона к началу расчетного периода, включая тепловыделение цемента (левая часть уравнения Б.Г. Скрамтаева) с теплопотерями бетона в окружающую среду (правая часть уравнения).

Уравнение примет вид:

$$C_{\sigma} \cdot \gamma_{\sigma} \cdot t_{\sigma,i} + ЦЭ_i = \tau_i \cdot 3,6 \cdot K \cdot Mn \cdot (t_{\sigma,i} - t_{н.с.}) , \quad (2)$$

где  $t_{\sigma,i}$  – температура бетона к началу расчетного ( $i$ -го) промежутка времени, °С;  $Э_i$  – тепловыделения цемента нарастающим итогом к окончанию каждого расчетного промежутка времени, определяемые по средней температуре твердения в предыдущих расчетных промежутках времени, кДж. Определяется с использованием таблиц, приводимых в [1] или [2];  $\tau_i$  – расчетный промежуток времени нарастающим итогом, т. е.  $\tau_i=12, 24, 36, 48$  и т. д., час.

Левая часть уравнения (2) представляет собой теплосодержание бетона ( $Q_i^{TC}$ ) к окончанию  $i$ -го промежутка времени.

$$Q_i^{TC} = C_{\sigma} \cdot \gamma_{\sigma} \cdot t_{\sigma,i} + ЦЭ_i, \text{ кДж} . \quad (3)$$

Правая часть уравнения (2) представляет собой теплопотери бетона к окончанию  $i$ -го промежутка времени.

$$Q_i^{III} = \tau_i \cdot 3,6 \cdot K \cdot Mn \cdot (t_{\sigma,i} - t_{н.с.}) , \text{ кДж} . \quad (4)$$

Температура бетона к концу выдерживания  $i$ -го промежутка времени определяется по формуле

$$t_{\sigma,i} = \frac{Q_i^{TC} - Q_i^{III}}{C_{\sigma} \cdot \gamma_{\sigma}} , \text{ } ^\circ\text{C} . \quad (5)$$

Зная температуру твердеющего бетона на каждом расчетном промежутке времени, по методике, изложенной в [1] или [2], можно определить относительную прочность бетона в каждом расчетном промежутке времени.

Знание температуры в твердеющем бетоне позволяет корректировать режим его выдерживания путем дополнительного утепления или подвода тепла, например, в случае его резкого похолодания. Информация о температуре твердеющего бетона и времени его замеров позволяет определять относительную прочность бетона (по отношению к марочной) через относительный возраст бетона. Методика разработана Г.Д. Вишневицким [4]. Нами эта методика усовершенствована с целью представления ее основополагающих положений в виде, удобном для инженерной реализации.

За начало отсчета времени твердения принимается начало схватывания цемента в бетоне. В этот момент прочность считается нулевой. За 100 % принимается

прочность в 28 дневном возрасте при температуре +18 °С. Однако прочность продолжает расти. Практически значимый прирост прочности по данным Г.Д. Вишневецкого заканчивается через 339,6 суток. Кинетика набора прочности при постоянной температуре +18 °С описывается уравнением:

$$R_{o\tau} = 157 \left\{ 1 - \left[ 1 - \left( \frac{\tau}{\tau_{\max}} \right)^{0,5} \right]^3 \right\}, \quad (6)$$

где  $\tau$  – текущее время набора прочности, сутки;  $\tau_{\max}$  – 339,6 суток.

По формуле (6) рассчитана относительная прочность бетона в процентах от  $R_{28}$  в возрасте бетона от нуля до 28 суток с точностью до десятой доли суток. Данные расчета сведены в таблицу 1.

Известно, что скорость твердения бетона возрастает с увеличением его температуры. Поэтому время набора прочности бетона уменьшается. По Г.Д. Вишневецкому время твердения бетона при высокой температуре в соотношении:

$$d\tau_{(18)} = 1.41 \cdot d\tau_{(t)} \cdot \exp(0,06 \cdot t - 4,6), \quad (7)$$

где  $d\tau_{(18)}$  – интервал времени твердения при +18 °С, сутки;  $d\tau_{(t)}$  – интервал времени твердения при температуре  $t$  °С, часы.

По формуле (7) рассчитаны значения длительностей выдержки бетона в сутках, приведенные к изотерме 18 °С, в зависимости от интервала времени замера и его средней температуры. Данные расчета представлены в табл. 2.

Разработана инструкция по оперативному контролю прочности бетона, в соответствии с которой по данным времени замера температур и значений этих температур вначале по табл. 2 определяется относительный возраст бетона, затем по таблице 1 – его относительная прочность.

Таблица 1

**Кинетика нарастания прочности бетона в процентах от  $R_{28}$  при  $T=18$  °С (по Г.Д. Вишневецкому)**

Целые сутки	Десятые доли суток									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,8	7,9	11,1	13,6	15,6	17,4	19,0	20,4	21,7	23,0
1	24,2	25,3	26,3	27,4	28,3	29,2	30,1	31,0	31,8	32,6
2	33,4	34,2	34,9	35,6	36,3	37,0	37,7	38,3	39,0	39,6
3	40,2	40,8	41,4	42,0	42,6	43,1	43,7	44,2	44,7	45,2
4	45,8	46,3	46,89	47,2	47,7	48,2	48,7	49,1	49,6	50,0
5	50,5	50,9	51,4	51,8	52,2	52,6	53,0	53,4	53,8	54,2
6	54,6	55,0	55,4	55,8	56,2	56,5	56,9	57,3	57,6	58,0
7	58,4	58,78	59,1	59,4	59,8	60,1	60,4	60,8	61,1	61,4
8	61,8	62,1	62,4	62,7	63,0	63,3	63,6	64,0	64,3	64,6
9	64,9	65,2	65,5	65,7	66,0	66,3	66,6	66,9	67,2	67,5
10	67,7	68,0	68,3	68,6	68,8	69,1	69,4	69,6	69,9	70,2
11	70,4	70,7	70,9	71,2	71,4	71,7	71,9	72,2	72,4	72,7
12	72,9	73,2	73,4	73,7	73,9	74,1	74,4	74,6	74,8	75,1
13	75,3	75,5	75,7	76,0	76,2	76,4	76,6	76,9	77,1	77,3
14	77,5	77,7	78,0	78,2	78,4	78,6	78,8	79,0	79,2	79,4
15	79,6	79,8	80,0	80,2	80,4	80,7	80,9	81,1	81,2	81,4
16	81,6	81,8	82,0	82,2	82,4	82,6	82,8	83,0	83,2	83,4
17	83,6	83,7	83,9	84,1	84,3	84,5	84,7	84,8	85,0	85,2

Целые сутки	Десятые доли суток									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
18	85,4	85,6	85,7	85,9	86,1	86,3	86,4	86,6	86,8	87,0
19	87,1	87,3	87,5	87,6	87,8	88,0	88,1	88,3	88,5	88,6
20	88,8	89,0	89,1	89,3	89,5	89,6	89,8	89,9	90,1	90,3
21	90,4	90,6	90,7	90,9	91,0	91,2	91,3	91,5	91,6	91,8
22	92,0	92,1	92,3	92,4	92,6	92,7	92,9	93,0	93,1	93,3
23	93,4	93,6	93,7	93,9	94,0	94,2	94,3	94,4	94,6	94,7
24	94,9	95,0	95,2	95,3	95,4	95,6	95,7	95,8	96,0	96,1
25	96,3	96,4	96,5	96,7	96,8	96,9	97,1	97,2	97,3	97,5
26	97,6	97,7	97,8	98,0	98,1	98,2	98,4	98,5	98,6	98,7
27	98,9	99,0	99,1	99,3	99,4	99,5	99,6	99,8	99,9	100

Таблица 2

**Значения приведенных к изотерме 18<sup>0</sup>С длительной выдержки бетона в сутках  
в зависимости от интервала и его средней температуры**

t <sub>ср</sub> , °С	Интервал между измерениями, в час											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
12	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
14	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
16	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
18	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
20	0	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
22	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
24	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
26	0	0,1	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
28	0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
30	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
32	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
34	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3
36	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
38	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
40	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8
42	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1
44	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3
46	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6
48	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
50	0,2	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
52	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,8
54	0,4	0,7	1,0	1,4	1,8	2,1	2,5	2,8	3,2	3,6	3,9	4,3
56	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8
58	0,5	0,9	1,3	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,1	4,6	5,0	5,5
60	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,7	6,2
62	0,5	1,1	1,7	2,3	2,9	3,5	4,0	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0
64	0,6	1,3	1,9	2,6	3,2	3,9	4,6	5,2	5,9	6,5	7,2	7,9
66	0,7	1,4	2,2	2,9	3,7	4,4	5,2	5,9	6,6	7,4	8,1	8,9
68	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	5,0	5,8	6,7	7,5	8,3	9,2	10,0
70	0,9	1,8	2,8	3,7	4,7	5,6	6,6	7,5	8,5	9,4	10,3	11,3
72	1,0	2,1	3,1	4,2	5,3	6,3	7,4	8,5	9,5	10,6	11,7	12,7

t <sub>ср</sub> , °С	Интервал между измерениями, в час											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
74	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0	13,2	14,4
76	1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,1	9,4	10,8	12,1	13,5	14,9	16,2
78	1,5	3,0	4,5	6,1	7,6	9,1	10,6	12,2	13,7	15,2	16,8	18,3
80	1,7	3,4	5,1	6,8	8,6	10,3	12,0	13,7	15,4	17,2	18,9	20,6
82	1,9	3,8	5,8	7,7	9,7	11,6	13,5	15,5	17,4	19,4	21,3	23,3
84	2,1	4,3	6,5	8,7	10,9	13,1	15,3	17,5	19,7	21,8	24,0	26,2
86	2,4	4,9	7,4	9,8	12,3	14,8	17,2	19,7	22,2	24,6	27,1	29,6
88	2,7	5,5	8,3	11,1	13,9	16,6	19,4	22,2	25,0	27,8	30,6	33,3
90	3,1	6,2	9,4	12,5	15,6	18,8	21,9	25,1	28,2	31,3	34,5	37,6

В целях сокращения трудоемкости расчета режима выдерживания бетона способом термоса по предлагаемой методике студентом Егозаровым А. Д. под руководством Колчеданцева Л. М. разработана программа «Concrete Термо» на платформе Microsoft Visual Studio с использованием языка программирования Visual Basic. Программа откомпилирована и не требует установки, что позволяет запустить ее на всех версиях ОС Windows, а также с любого флэш-носителя.

Указанная методика используется при разработке технологических карт и в учебном процессе.

### Литература

1. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях /РААСН, НИИЖБ, - М.: 2005. – 245 с.
2. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера /ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.
3. СП 131.13330.2012. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.
4. Г.Д. Вишневецкий. Расчет прочности бетона при его термообработке /ч1. Нарастание прочности бетона. ЛДНТП, Л., 1963 – 38 с.

### УДК 693.547

Леонид Михайлович Колчеданцев, д-р техн. наук,  
профессор

Анна Алексеевна Царенко, аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: orgst@spbgasu.ru,  
Annatsarenko1@yandex.ru

Leonid Mihailovich Kolchedancev, r Dr. of Sci.  
Eng., Professor

Anna Alekseevna Tsarenko, Post-graduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: orgst@spbgasu.ru,  
Annatsarenko1@yandex.ru

## РАСШИРЕНИЕ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ СПОСОБА ТЕРМОСА

### EXTENSION OF LIMITS TO THERMOS METHOD APPLICABILITY

Подробно рассмотрено выдерживание бетона в зимних условиях способом термоса. Определены ограничения температуры бетонной смеси на выходе из смесителя, обусловленные сохранением требуемой удобоукладываемости. Предложены методы увеличивающие границы применения выдерживания бетона способом термоса, основанные на уменьшении времени от момента приготовления бетонной смеси до момента её укладки в опалубку и на использовании добавок,

улучшающих реологические свойства подогретой бетонной смеси. Сформулированы выводы и задачи исследований в области рассматриваемого вопроса.

*Ключевые слова:* способ термоса, набор прочности, критическая прочность, бетоносмесительный узел, добавки.

The curing of concrete in winter conditions using the thermos method was sifted. The temperature limits of concrete mixture on the exit of the mixer were determined according to the preservation of required placeability. Ways of increasing the applicability limits of thermos method for the concrete curing were proposed. The methods are based on reducing the time period from the moment of compounding the concrete mixture till the moment of concrete forming and also on the use of admixtures which can improve the rheological properties of heated concrete mixture. Research objectives were defined and conclusions obtained to the extent of the problem at issue.

*Keywords:* thermos method, strength gain, ultimate strength, concrete mixing center, admixtures.

Выдерживание бетона в зимних условиях способом термоса, предложенный профессором Кириенко И. А. еще в 1910 г., широко применяется и в настоящее время, несмотря на давность разработки.

Суть способа заключается в следующем: доставленную на объект подогретую бетонную смесь традиционными способами укладывают в опалубку, сохраняя внесенное тепло в смесь, уплотняют, открытые поверхности укрывают пленкой и утепляют, и твердеющий бетон выдерживается по способу термоса.

В процессе приготовления бетонной смеси на заводе в нее вносится тепло путем подогрева воды и заполнителей (щебня и песка) с таким расчетом, чтобы на выходе из бетоносмесителя температура смеси была не более значений, указанных в таблице.

Таблица [1, 2]

**Температура бетонной смеси и воды**

Параметр	Величина показателя, не более	Контроль
Температура воды и бетонной смеси на выходе из смесителя, приготовленной:		Измерительный 2 раза в смену, журнал работ
на нормально твердеющем цементе	воды – 70 °С смеси – 35 °С	
на быстротвердеющем цементе	воды – 60 °С смеси – 30 °С	
на глиноземистом цементе	воды – 40 °С смеси – 25 °С	

Тепло, внесенное в бетонную смесь при замешивании, и тепло, выделяющееся в бетоне в процессе его выдерживания, от экзотермической реакции взаимодействия цемента с водой, поддерживает в твердеющем бетоне положительную температуру, что обеспечивает через 3–4 суток набор прочности бетона не менее критической. Качество бетона сопоставимо с бетоном нормального твердения.

Способ термоса рационально применять при бетонировании массивных и среднемассивных конструкций с модулем поверхности от 3 до 6 м<sup>-1</sup> и менее 3 м<sup>-1</sup>. Эффект от применения способа термоса тем выше, чем массивнее конструкция (меньше модуль поверхности).

В ряде случаев целесообразно использовать способ термоса в сочетании с другими способами зимнего бетонирования. Например, термос в сочетании с греющей опалубкой или с применением противоморозных добавок и добавок ускорителей.

телей твердения [3]. В этом случае применять комбинированные способы возможно и для менее массивных конструкций с модулем поверхности до  $12 \text{ м}^{-1}$ .

Твердение бетона зависит от многих условий: массивности бетонируемой конструкции, расхода и активности цемента, температуры уложенного бетона и температуры наружного воздуха, скорости ветра, материала и толщины опалубки и утеплителя (ограждающих конструкций). В процессе термосного выдерживания бетона необходимо осуществлять контроль за температурой бетона на предмет её соответствия расчетным значениям на разных этапах выдерживания конструкции [4].

Следует иметь в виду, что ограничения температуры бетонной смеси на выходе из смесителя, приведенные в таблице, обусловлены необходимостью сохранения, требуемой удобоукладываемости бетонной смеси за время транспортирования, которое может составлять 30–40 мин и более в зависимости от расстояния объекта от завода-поставщика товарного бетона.

В последнее время в России наметилась ярко выраженная тенденция строительства зданий повышенной этажности (20–25 этажей) и высотных зданий. Толщина стен нижних этажей таких зданий составляет 0,3–0,5 м ( $M_n \approx 4–6 \text{ м}^{-1}$ ). Ещё более массивными выполнены фундаменты. Большие объемы применения монолитного бетона создают благоприятные предпосылки для устройства мобильного бетоносмесительного узла (БСУ) непосредственно на территории строительной площадки или поблизости от нее, что, при прочих равных условиях, сводит к минимуму время от приготовления бетонной смеси до её укладки в опалубку.

В данном случае время до места укладки бетонной смеси в дело существенно (в 2–3 раза) меньше времени сохранения ее требуемой удобоукладываемости даже при более высоких температурах, чем указаны в таблице. При таком условии возможно назначение температуры бетонной смеси до более высоких значений, например до 35, 40, 45 и даже 50 °С. Для этого должны быть проведены исследования по срокам схватывания используемого цемента при более высоких температурах и прочности бетона, приготовленного на смесях с повышенными температурами.

Другой тенденцией в современном строительстве зданий из монолитного бетона является широкое применение добавок, улучшающих реологические свойства бетонной смеси. Некоторые из этих добавок достаточно «терпимы» к влиянию повышенных температур.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. Ограничения температуры бетонной смеси по завершению её приготовления, обусловлены необходимостью сохранения, требуемой удобоукладываемости бетонной смеси за время транспортирования.

2. Значительные объемы применения монолитного бетона обеспечивают благоприятные предпосылки для устройства мобильного бетоносмесительного узла (БСУ) непосредственно на территории строительной площадки или поблизости от нее, что сводит к минимуму время доставки бетонной смеси.

3. При уменьшении времени от начала изготовления бетонной смеси до начала её укладки в опалубку возможно назначение температуры бетонной смеси до более высоких значений.

4. Должны быть проведены исследования по срокам схватывания используемого цемента при более высоких температурах и прочности бетона, приготовленного на смесях с повышенными температурами.

5. Возможно применение добавок, увеличивающих время живучести подогретой бетонной смеси.

Таким образом, применение двух технологических факторов, а именно, сведение к минимуму времени от момента приготовления бетонной смеси до момента её укладки в опалубку и использование добавок, улучшающих реологические свойства подогретой бетонной смеси, может существенно увеличить границы применимости способа термоса.

### Литература

1. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. – Введ. 1987.01.01. – М. : Стандартиформ, 2008.
2. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2004.09.01. – М. : ФГУП ЦПП, 2004.
3. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. – М. : Стройиздат, 1982. – 213 с.
4. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование : Монография / Л.М. Колчеданцев, А.П. Васин, И.Г. Осипенкова, О.Г. Ступакова. – СПб. : Издательство «Лань», 2016. – 280 с.

### УДК 69

*Екатерина Михайловна Горошко*, магистрант  
*Василя Касимовна Нefeldова*, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: goroschko.ekaterina@yandex.ru,*  
*vkn7@mail.ru*

*Ekaterina Mihajlovna Goroshko*, Graduate student  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: goroschko.ekaterina@yandex.ru,*  
*vkn7@mail.ru*

## РОССИЙСКИЙ РЫНОК АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

### RUSSIAN MARKET OF AUTOCLAVE GAZOBETON

Во всем мире, особенно в развитых странах, газобетон пользуется большим спросом. В России изменение требований к физико-механическим свойствам используемых материалов все больше обращает внимания на ячеистые бетоны. Не смотря на то, что спрос постоянно растет, при этом ввод новых мощностей идет небольшими темпами. Это стало причиной дефицита АГБ, привлекающего не только своими свойствами, но и ценой. Целью данной статьи является раскрытие российского рынка автоклавного газобетона. Учитывая районы с максимальным использованием такого строительного материала как автоклавный газобетон, можно увеличить объемы производства в этих регионах и развивать производство АГБ там, где он еще не занимает лидерских позиций на строительном рынке.

*Ключевые слова:* автоклавный газобетон, анализ производства, мелкоштучные изделия технологический комплекс, мощность производства, потребление

All over the world, especially in developed countries, aerated concrete is in high demand. In Russia, changing requirements for the physical and mechanical properties of the materials used increasingly draws attention to cellular concrete. Despite the fact that demand is constantly growing, at the same time, the commissioning of new capacities is proceeding at a slow pace. This caused the deficit of the AGB, which attracts not only its properties, but also the price. The purpose of this article is to disclose the Russian market for autoclaved aerated concrete. Considering the areas with the maximum use of such building material as autoclaved aerated concrete, it is possible to increase production volumes in these regions and to develop the production of the AGB where it does not yet occupy leadership positions in the construction market.

*Keywords:* autoclaved aerated concrete, production analysis, small-piece products, technological complex, production capacity, consumption

Стабильно увеличиваются объемы жилищного строительства в нашей стране, что непременно ведет к увеличению ввода объектов индивидуального жилищного строительства. За последние 20 лет показатель среднегодового ввода жилья вырос в 2,5 раза, и за это же время рынок штучных материалов вырос в 2,2 раза, что повело за собой рост автоклавного газобетона (АГБ) в 12 раз. Газобетон является самым основным стеновым материалом.

В начале 90-х годов в России, как и в остальных республиках бывшего Советского Союза, прослеживается общий спад в производстве АГБ. В связи с уменьшением строительства произошло падение спроса на строительные материалы, что повлекло за собой закрытие ряда предприятий, которые не приспособились к изменившимся условиям.

Следующий этап в развитии российского рынка автоклавного газобетона наступил в середине 90-х годов с появлением в России импортных технологических линий, дающих возможность выпускать АГБ точных геометрических размеров с улучшенными физико-механическими свойствами. Новые газобетонные изделия быстро начали пользоваться популярностью на российском рынке стеновых материалов, вытесняя другие материалы и создавая конкуренцию керамическому и силикатному кирпичу. В связи с этим с 2004 года вводятся в эксплуатацию заводы с импортными технологическими комплексами, производственная мощность которых составила 79,2 % от общей.

По всему количеству произведенного автоклавного газобетона можно определить объем потребления данного материала на территории России, учитывая то, что российский газобетон не экспортируется. Но, с другой стороны, импорт изделий из АГБ, в большем количестве из Белоруссии, остается относительно большим.

Как показали исследования, больше всего газобетона выпустили заводы Центрального федерального округа. Выпуск на долю населения составил 0,14 м<sup>3</sup>/чел, что в 1,5 раза превышает средний показатель по России. Можно сделать вывод, что это отражает потребление большего объема газобетона в данном регионе. ЦФО является самым насыщенным в плане количества производителей газобетона. Главными поставщиками считаются ООО «Старооскольский завод строительных материалов», ЗАО «Аэробел», завод железобетонных изделий «ЭКО», ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр Можайск», МПРК «ГРАС», ОАО «Липецкий завод изделий домостроения» (ЛЗИД), ОАО «Липецкий комбинат силикатных изделий». Поведение рынка ЦФО отличается большей равномерностью, по сравнению с другими регионами. Это вызвано более высоким уровнем зрелости рынка, так как газобетон появился в европейской части России давно. До кризиса темп прироста находился на уровне 25–30 % в год, включая 2008 г., когда прирост был чуть выше – почти 34 %. В 2009 году падение составило практически 20 %, а в 2010 г. рынок успел вырасти на 21 %. Рост в 2011 году составил 30 %.

В Приволжском федеральном округе известно о 12 действующих производителях газобетона и 5 заводах, выпускающих газосиликатные блоки. Высокий спад был зафиксирован в 2009 году на 37 %, затем производство стало быстро восстанавливаться: в 2010 году на 30 %, а в 2011 – на 64 %.

Уральский федеральный округ отличается тем, что обладает самым крупным действующим предприятием в России – ООО ПСО «Теплит» и самым крупным производителем в России, которым является Завод автоклавного газобетона, входящий в Группу «ИНСИ» – завод имеет мощности в размере 730 тыс. м<sup>3</sup> газобетона в год.

Производители автоклавного газобетона в СЗФО: Крупнейшим производителем является компания «АэрокСПб» (входит в холдинг «ЛСР-газобетон»). Из устоявшихся компаний рынка можно назвать только предприятие «211 КЖБИ». Другими довольно крупными новыми заводами являются компании «Н+Н» и «ЕвроАэробетон», расположенные в ЛО. Время их открытия состоялось в кризисном 2009 г., а в 2010 г. на газобетонный рынок вышла группа «Стройкомплект». Общими усилиями они выпускают в настоящее время более 1000 тыс. м<sup>3</sup> газобетонных блоков.

Производители автоклавного газобетона в Сибирском федеральном округе лишь два давно работающих завода, причем значительно отличающиеся друг от друга объемами производства. Завод «Сибит», производит 200–250 тыс., а Барнаулский завод ячеистого бетона – менее 50 тыс. м<sup>3</sup>, так как оборудование позволяет выпускать не более 60 тыс. м<sup>3</sup>.

В настоящее время Южно-Федеральный округ располагает только двумя крупными заводами, производящими автоклавный газобетон – это ростовское ООО «Комбинат дорожных и строительных материалов» (Masix) и «Комбинат строительных материалов Кубани» (ВКБлок).

Меньше всего автоклавный газобетон применяют и производят Дальневосточный и Северо-Кавказский округа, что говорит о невысоких объемах строительства, числом производителей и неконкурентоспособностью данного материала.

Важно отметить, что основным видом изделий из автоклавного газобетона являются мелкие стеновые блоки. Очень редко заводы имеют возможность выпускать армированные изделия: плиты перекрытия, перемычки и т. д. В настоящее время только 10 заводов в России имеют такое оборудование, позволяющее заниматься армированными изделиями. Доля выпуска армированных изделий составляет около 8,7 % от общего выпуска автоклавного газобетона.

Подводя итог вышесказанному, можно с уверенностью сказать, что производство автоклавного газобетона продолжает активно расти. Беспеременно запускаются новые линии по выпуску автоклавного газобетона, а действующие заводы увеличивают свои объемы. В совокупности это приводит к росту мощностей в среднем на 3–5 % в год. При этом, также хотелось бы отметить качество выпускаемой продукции: армированные панели плотностью 700–800 кг/м<sup>3</sup> заменили стеновые блоки плотностью 400–600 кг/м<sup>3</sup> с точными геометрическими размерами и улучшенными физико-механическими свойствами.

## Литература

1. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 44–47.
2. Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: состояние рынка и перспективы развития // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 76–78.
3. Семенов А.А. Итоги развития строительного комплекса и промышленности строительных материалов в 2012 году, прогноз на 2013 год // Строительные материалы. 2013. № 2. С. 62–65.
4. Zapotoczna-Sytek G., Sobon M. 60 years of aerated concrete in Poland. The past and the future / 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete. Bydgoszcz, Poland 14-17.09. 2011. Pp. 27–42.
5. Technical materials and general information of the European Autoclaved Aerated Concrete Association (EAACA).
6. Беланович С.Б., Сажнев Н.П., Галкин С.Л. Армированные ячеисто-бетонные изделия // Строительные материалы. 2013. № 4. С. 77–82.

7. Сахарников Ю.В. Изготовление крупноформатных изделий из автоклавного ячеистого бетона для строительства жилых домов серии Э600п // Сб. докладов науч.-практ. конференции «Современный автоклавный газобетон». Краснодар. 15–17.05.2013. С. 51–56.

8. Коровкевич В.В., Пинскер В.А. и др. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации. ЛенЗНИИЭП. Ленинград, 1989. 284 с.

### УДК 693

*Екатерина Александровна Динер*, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: diner-ekaterina@mail.ru*

*Diner Ekaterina Aleksandrovna*, Graduate student  
(Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: diner-ekaterina@mail.ru*

## **ОБОСНОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ**

### **RATIONALE FOR THE RELIABILITY OF THE UNINTERRY FORMWORK FROM FOAM POLYSTYRENE WHEN BUILDING BUILDINGS**

В данной работе отображены результаты оценки надежности технологии возведения зданий с использованием несъемной опалубки из пенополистирола. В результате исследования установлены причинно-следственные связи возникновения дефектов в конструкциях, построенных с использованием несъемной опалубки из пенополистирола, а также осуществлена оценки надежности технологической системы по параметрам качества.

В исследовании использовались следующие методы: визуальный осмотр конструкций и обнаружения технологических дефектов; прямое измерение размера отклонений от расчетных значений; статистический анализ результатов измерений; анализ качественных характеристик структуры, построенных по количественным параметрам на основе теории надежности.

*Ключевые слова:* несъемная опалубка из пенополистирола, надежность, параметры качества.

In this paper, the results of the assessment of the reliability of the technology of erecting buildings using the fixed formwork made of expanded polystyrene are displayed. As a result of the research, the cause-effect relationships of the defects in the structures constructed using non-removable formwork made of expanded polystyrene have been established, and the reliability of the technological system has been assessed in terms of quality parameters.

The study used the following methods: visual inspection of structures and detection of technological defects; direct measurement of the size of deviations from the calculated values; statistical analysis of measurement results; analysis of the qualitative characteristics of the structure, constructed on the basis of quantitative parameters on the basis of reliability theory.

*Keywords* fixed formwork made of expanded polystyrene, reliability, quality parameters

Технология возведения монолитных железобетонных конструкций с использованием несъемной опалубки из пенополистирола характеризуется относительной новизной для строительства в России.

Одной из особенностей строительства зданий с применением несъемной опалубки из пенополистирола является то, что пенополистирольная опалубка выступает одновременно в качестве тепло и шумоизоляции. Из-за высокого теплоизоляционного свойства пенополистирола, здания, построенные из такого рода опалубка характеризуется высокой тепловой эффективностью. Наряду с указанными особенностями технологии, надежность по параметрам качества представляет собой очень важный показатель.

Анализ современных исследований показывают, что в общей сложности дефектов, которые увеличивают риск возникновения разрушений, в зданиях и соору-

жениях, человеческие ошибки представляют значительную часть. Одни из наиболее часто встречающихся дефектов при строительстве с применением несъемной опалубки из пенополистирола является нарушение геометрические параметры стенок в поперечном направлении. В местах образования таких дефектов толщина теплоизоляционного слоя может быть уменьшена. В связи с этим, объемы строительства, качество, которого должно соответствовать современным требованиям, возможно только на основе общего управления качеством. Одним из наиболее важных показателей контроля качества продукции строительства является создание научно обоснованных критериев объективной оценки надежности технологической системы.

Исследования показали, что дефекты, которые происходят во время выполнения строительных работ, являются основной причиной примерно 60 % несчастных случаев в строительной отрасли. Было выявлено, что соотношение между теоретической и фактической вероятностью аварии в зданиях и сооружениях приводит к увеличению фактического риска по сравнению с теоретическим значением в десять раз. Для повышения эффективности контроля за выполнением технологических процессов в строительстве, предлагается автоматизировать сбор и анализ данных с использованием компьютерной техники с соответствующим программным обеспечением.

Анализ источников информации по представленным исследованиям показывает, что технологические схемы возведения зданий с использованием несъемной опалубки из пенополистирола в монолитном домостроении является решением одной из наиболее важных задач для улучшения энергетической и экономической эффективности современного строительства. Тем не менее, в настоящее время существующие методы оценки ее надежности недостаточно изучены.

Технологические дефекты монолитных железобетонных конструкций, построенных с использованием несъемной опалубки из пенополистирола, выявляются в ходе визуального осмотра (рис. 1).



Рис. 1. Выявленные отклонение поверхности потолка от проектного положения

Замеры величин отклонений были выполнены с использованием линейки и мерной ленты (рулетки) с ценой деления 1 мм.

Математическая обработка результатов измерений была выполнена известными методами статистического анализа. Что позволило получить значение дефектных областей с коэффициентом надежности  $\gamma = 0,90$ .

Значения общей площади поверхности конструкции стен и перекрытий были приняты в соответствии с проектной документацией.

Статистически значимые данные дефектов и проектных значений площади поверхности, построенных конструкций, были использованы для оценки надежности технологической системы по параметрам качества.

Одним из важнейших показателей надежности строительной технологической системы является вероятность выполнения задания по параметрам качества. Оценка надежности по параметрам качества осуществляется, учитывая следующие критерии:

- несоответствие одного из показателей качества продукции строительства с требованиями проектной и нормативной документации;
- несоответствие параметров, режимов выполнения операций или строительных процессов ТК;
- несоответствие контролируемых параметров операций и процессов строительства нормам, регламентированным проектной и нормативной документацией.

Важно отметить, что только параметры, которые не соответствуют уровню, регламентированному проектной и нормативной документацией, должны быть приняты за критерий отказа при оценке надежности показателей качества продукции строительства.

В соответствии с ГОСТ 27.203-83 (СТ СЭВ 3945-82) «Надежность в технике (ССНТ). Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности» вероятность выполнения задания по параметрам качества определяется по формуле 1:

$$P_{wj}(T) = P \{W_j \leq W_{oj}\}, \quad (1)$$

где  $W_j$ ,  $W_{oj}$  – фактическая и допустимая частота обнаруженных дефектов в партии  $j$ -го параметра, соответственно.

Частота обнаружения дефектов определяется по формуле. 2:

$$W = d(T) / N(T), \quad (2)$$

где  $d(T)$  – количество дефектов в партии продукта;  $N(T)$  – общее количество продукции в партии, которые производятся за время работы  $T$ .

Время работы  $T$  может быть измерено в единицах времени, циклах функционирования или единицах выпускаемой продукции.

Исследование проводилось на основе метода однократной выборки по дефектному (браковочному) уровню. Допустимое значение частоты обнаруженных дефектов принято  $W_0 = 0,02$ . Минимальное значение вероятности выполнения задания по параметрам качества (гарантированное значение вероятности безотказной работы) принимаются  $P\beta = 0,90$ .

Анализ надежности технологической схемы с точки зрения качества монолитных железобетонных конструкций, построенных с применением несъемной опалубки из пенополистирола, позволил получить объективные результаты распределения обнаруженных дефектов и определения надежности критериев качества с обеспеченностью не ниже  $\gamma \geq 0,90$ .

Контроль качества производимой продукции строительства является обязательным, поскольку осуществление любой строительной технологии может вы-

звать дефекты. На рис. 2 показан фрагмент стены с дефектами, вызванными распором и расхождением опалубочных элементов.

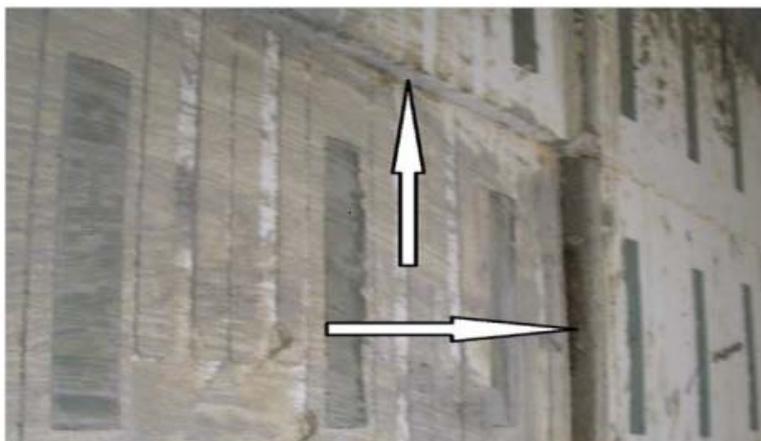


Рис. 2. Внешнее повреждение монолитной железобетонной стены из пенополистирольной несъемной опалубки

Такой дефект не является критическим, но подлежат обязательному устранению. Расхождение панелей опалубки из-за увеличения толщины стенки железобетона приводит к уменьшению толщины теплоизоляционного слоя из пенополистирола. Снижение теплоизоляционного слоя связано с возможностью промерзания стены в зимний период. Чтобы устранить недостатки, необходимо, срезать значительную часть пенополистирольной опалубки с потребностью в необходимом обеспечении вертикального проектного положение стены без значительных нервноностей (рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент стены с удаленным слоем пенополистирола

Устранение таких дефектов, увеличивает стоимость продукции строительства. В связи с этим, кажется, целесообразно проводить анализ дефектов для выявления причинно-следственных связей, а также для оценки эксплуатационной надежности технологической схемы, что позволит предложить мероприятия по ее совершенствованию.



Рис. 4. Фрагмент наружной стены, подготовленный для отделочных работ

Известно, что потери тепла через ограждающую конструкцию в значительной степени зависят от качества строительных работ. Технологические дефекты могут привести к увеличению потери тепла здания, несмотря на тщательно обоснованные проектные решения. В связи с этим, задачи обеспечения качества продукции строительства целесообразно рассматривать в совокупности с надежностью технологической системы.

В настоящее время для изучения различных аспектов надежности технологических систем, используемых в строительстве, применяется система стандартов «Надежность в технике». В соответствии с ГОСТ 27.004–85 «Надежность в технике (ССНТ). Системы технологические. Термины и определения» технологическая система представляет собой набор функционально связанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства указанных технологических процессов или операций.

Надежность технологической системы является свойство системы выполнять функции обеспечения заданных показателей качества продукции строительства, производительности и экономической эффективности в регламентируемых условиях производства строительно-монтажных работ, хранения и эксплуатации технологического оборудования, хранения и использования строительных материалов и конструкций, а также функционирования производственного и управленческого персонала соответствующей профессии и квалификации. Одним из направлений оценки надежности строительных технологических схем является ее определение по параметрам качества продукции строительства. Анализируя журналы производства работы и дефектных ведомостей, установлено, что надежность технологической системы по параметрам качества возведения монолитных железобетонных зданий с использованием несъемной опалубки во многом зависит от конструктивных решений и способа бетонирования.

Расхождения опалубочных щитов обусловлены разрывом стяжек по действиям сил распора от укладываемого и уплотняемого бетона. В ходе обследования, было установлено, что наиболее часто разрыв стяжек происходит при бетонировании с помощью бетононасоса. При использовании бетононасоса, производственный персонал допускает бетонирование с большей толщиной, чем это предусмотрено в ТК. Более того, прочность материала стяжного стержня имеет существенное значение. Было установлено, что расхождения при стальных стяжных стержнях опалубочных щитов не наблюдается ни при бетонировании по схеме «кран - бадья», ни при укладке с помощью бетононасоса.

В рамках исследования было установлено, что частота обнаруженных дефектов опалубки из пенополистирола варьируется от 0,016 до 0,025 со средним значением 0,019. Вероятность выполнения задания по параметрам качества в среднем составляет  $P_{kj} = 0,946$ . По условию исследования минимального значения безотказной работы в технологические системы было принято  $P\beta = 0,90$ . Из чего следует, что указанная строительная технологическая система возведения монолитных железобетонных зданий с использованием опалубки из пенополистирола можно охарактеризовать как соответствующая заданному уровню надежности.

Монолитные железобетонное строительство зданий с использованием несъемной опалубки из пенополистирола является одной из перспективных строительных технологических систем, за счет высоких теплоизолирующих и звукопоглощающих свойств пенополистирола, а также минимальных требований оборудования для установки опалубочных элементов. Возникающие в процессе функционирования технологической системы дефекты, носят характер не критических. Наиболее значимые дефекты - расхождения щитов опалубки при укладке бетонной смеси. Неправильное устранение указанных дефектов или их сокрытие под отделочным слоем может создать условия для промерзания наружных стен в холодный период года.

В результате исследований и анализа дефектных ведомостей было установлено, что строительная технологическая система возведения зданий с использованием опалубки из пенополистирола характеризуется высокой надежностью по параметрам качества.

#### Литература

1. Таран В.В. Устройство самонесущих стен из пенополистиролбетона в несъемной опалубке // Современное промышленное и гражданское строительство. 2013. Т. 9. № 1. С. 49–58
2. Комкова А.В., Пустовалова Е.А. Особенности инновационных технологий возведения стен из монолитного железобетона с помощью несъемной опалубки // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 5 (13). С. 6.
3. Бадьин Г.М. Несъемные опалубочные системы для наружных стен малоэтажных зданий // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1. С. 137–142.
4. Рязанова Г.Н., Камбург В.Г. Совершенствование технологии возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке: научное издание. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2010. 167 с.
5. Свинцов А.П., Панин О.В. Надежность технологической системы возведения монолитных железобетонных стен // Вестник РУДН. Инженерные исследования. 2011. № 2. С. 43–47.
6. Байбурин А.Х., Головнев С.Г. Качество и безопасность строительных технологий: монография. Челябинск: УГТУ-УПИ. 2006. 384 с.

#### УДК 69.007

*Илона Олеговна Дроздова*, магистрант  
*Василя Касимовна Нефедова*, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: drozdova\_i.o@mail.ru*

*Ilona Olegovna Drozdova*, Graduate student  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: drozdova\_i.o@mail.ru*

### ФУНКЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

### FUNCTIONS OF CONSTRUCTION OVERSIGHT

Качество объекта строительства зависит от многих составляющих, в том числе от применяемых материалов, соблюдения технологий строительного производства, качества строительномонтажных работ и квалификации работников. Все это в конечном результате влияет на долговеч-

ность и надежность здания или сооружения, а также на эксплуатационные свойства после сдачи объекта.

Важная роль при строительстве, реконструкции, а также капитальном ремонте зданий и сооружений принадлежит строительному контролю, который должен следить за правильностью работ, выполняемых на объекте, за соответствием их проектной документации, а также требованиям технических регламентов и других документов.

Строительный контроль включает в себя много функций. Далее мы их подробно рассмотрим.

*Ключевые слова:* строительный контроль, застройщик, проектная документация, входной контроль, операционный контроль, акт освидетельствования скрытых работ.

The quality of the construction object depends on many components, including used materials, adherence to construction technology, the quality of construction and installation work and the qualifications of employees. In result it affects the durability and reliability of the building or structure, as well as the operational properties after the delivery of the facility.

An important role in the construction, reconstruction, and overhaul of buildings and structures belongs to the construction oversight, which must monitor the correctness of the work performed at the site, the compliance of their design documentation, also the requirements of technical regulations and other documents.

Construction oversight includes many functions. We will discuss them in detail.

*Keywords:* construction oversight, developer, planning documentation, entry material inspection, operational control, Act of Inaccessible Works.

Для соблюдения строительными организациями требований проектно-сметной документации, сводов правил, постановлений и другим нормативно-правовым документам при строительстве объектов капитального строительства осуществляется строительный контроль.

Строительный контроль проводится лицом, осуществляющим строительство (подрядчиком); застройщиком, заказчиком либо организацией, осуществляющей подготовку проектной документации и привлеченной заказчиком (застройщиком) по договору [1].

Застройщик является одним из основных участников строительства. Застройщик – это физическое или юридическое лицо, обеспечивающее на принадлежащем ему земельном участке или на земельном участке иного правообладателя строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, а также выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации для их строительства, реконструкции, капитального ремонта [2].

Застройщик имеет право передать свои функции, предусмотренные законодательством, техническому заказчику.

Осуществлять строительство застройщик имеет право самостоятельно, при условии, что он является членом саморегулируемой организации в области строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства. Также возможно привлечение других лиц по договору строительного подряда [2].

В обязанности лица, выполняющего строительный контроль, входит:

- осуществление входного контроля проектной документации, а также применяемых строительных материалов, изделий, конструкций и оборудования;
- освидетельствование геодезической разбивочной основы объекта;
- осуществление операционного контроля во время выполнения и по окончании операций строительно-монтажных работ;
- освидетельствование выполненных работ, результаты которых становятся недоступными для контроля после начала выполнения последующих работ (со-

ставляются акты скрытых работ, которые в обязательном порядке должны быть подписаны представителем строительного контроля);

- освидетельствование ответственных строительных конструкций и участков систем инженерно-технического обеспечения;
- а также испытания и опробования технических устройств [3].

При входном контроле проектной документации должна проверяться ее комплектность, наличие всех согласований и утверждений. Проектные осевые размеры должны соответствовать геодезической основе, а границы стройплощадки на стройгенплане установленным сервитутам.

Также в проектной документации должны быть в наличии ссылки на нормативные документы на материалы и изделия; требования к фактической точности контролируемых параметров; указания о методах контроля и измерений. Если инспектор обнаруживает недостатки, данная документация возвращается на доработку в срок, указанный в договоре.

Входным контролем материалов, изделий и оборудования проверяют соответствие показателей качества требованиям стандартов, технических условий, наличие сопроводительных документов поставщика (производителя), подтверждающих качество. Результаты документируются в журналах входного контроля.

Операционный контроль заключается в проверке соответствия выполняемых производственных операций организационно-технологической и нормативной документации; в соблюдении технологических режимов, которые установлены технологическими картами. Также лицо, осуществляющее строительный контроль, проверяет соответствие показателей качества операций, их результатов требованиям проектной, организационно-технологической и нормативной документации. Результаты операционного контроля должны быть документированы в журналах работ.

Если планируется работа, результаты которой влияют на безопасность объекта, а контроль и проверка в будущем будут невозможны без разборки или повреждения последующих конструкций, то лицо, осуществляющее строительство, не позднее, чем за три рабочих дня может известить органы государственного надзора, авторского надзора о сроках проведения работ для оценки их выполнения. В результате оформляется акт освидетельствования скрытых работ.

При оценке выполнения отдельных конструкций оформляются акты освидетельствования ответственных конструкций. Соответствующие акты также оформляются при испытаниях участков сетей инженерно-технического обеспечения и смонтированного инженерного оборудования. Например, акт промывки и дезинфекции трубопроводов при устройстве инженерных сетей системы холодного и горячего водоснабжения.

Но если в ходе осуществления строительного контроля были обнаружены дефекты, то соответствующие акты оформляются только после их устранения.

В случаях, когда последующие работы должны начинаться после перерыва более чем в шесть месяцев с момента завершения поэтапной приемки, перед возобновлением работ эти процедуры следует выполнить повторно с оформлением соответствующих актов.

Согласно пункту 7.3 [3], строительный контроль заказчика должен проверять наличие у лица, осуществляющего строительство, документов о качестве, сертификатов на применяемые материалы, изделия конструкций и оборудование, документированных результатов входного контроля и лабораторных испытаний.

Необходимо контролировать соблюдение правил складирования и хранения материалов, конструкций и оборудования. Если данные правила нарушены, представитель строительного контроля застройщика (заказчика) имеет право запретить применение неправильно складированных и хранящихся материалов.

Контролируется соответствие выполняемого операционного контроля; устранение дефектов проектной документации и приемка исправленной; наличие и правильность ведения исполнительной документации. Чтобы оценить достоверность геодезических исполнительных схем конструкций, инспектор строительного контроля может выборочно проверить точность положения элементов.

Также лицо, осуществляющее строительный контроль, обязано следить за исполнением предписаний органов государственного надзора и местного самоуправления. А в случаях аварийного состояния на объекте, известить об этом государственный надзор.

Совместно с генподрядной (подрядной) организацией инспектор оценивает соответствие выполненных работ. Подтверждением соответствия являются подписанные двухсторонние акты. До подписания данных актов выполнение последующих работ является недопустимым. За этим тоже следит строительный контроль.

Совместно с лицом, осуществляющим строительство, представитель заказчика дает заключительную оценку соответствия законченного строительством объекта требованиям законодательства, проектной и нормативной документации.

### Литература

1. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 21.06.2010 №468. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

2. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 31.12.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. СП 48.13330.2011. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004, М.: Минрегион России, 2010. 21 с.

4. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2009 №384-ФЗ (ред. от 02.07.2013). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях [Электронный ресурс]: от 30.12.2001 №195-ФЗ (ред. от 31.12.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

### УДК 694.

*Татьяна Сергеевна Филатова*, магистрант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: 79657655828@yandex.ru*

*Tatyana Sergeevna Filatova*, Graduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: 79657655828@yandex.ru*

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КАРКАСНЫХ ДОМОВ

## ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION OF LOW-RISE WOODEN FRAME HOUSES

В статье рассмотрены предпосылки, повлекшие за собой увеличение доли малоэтажного строительства, факторы, сдерживающие развитие малоэтажного домостроения, представлены направления возможных путей решения. Также приводятся стратегии развития деревянного домо-

строения, акцентируется внимание на государственных программах, сравниваются ожидаемые результаты от Российских государственных программ с зарубежными. В статье описаны проблемы нормативно-правового регулирования деревянного строительства, упоминаются новые СП и их нововведения. Обозначены перспективы использования альтернативных источников энергии для энергоэффективности домов и перспективы развития каркасного деревянного домостроения.

*Ключевые слова:* малоэтажное деревянное домостроение, малоэтажные комплексные застройки, каркасные дома, государственные программы, альтернативная энергетика, типы деревянных домов.

The article considers the conditions that resulted in the increase in the share of low-rise construction, the factors constraining the development of low-rise construction, the direction of possible solutions. Also provides strategy for the development of wooden housing construction, the focus is on government programs, compared to the expected results from the Russian state programs with foreign. The article describes the problems of legal regulation of timber construction mentioned the new SP and their innovations. The perspectives of use of alternative energy sources for the energy performance of homes and prospects of low-rise wooden housing construction.

*Keywords:* low-rise wooden house-building, low-rise complex building, frame houses, government programs, alternative energy, types of wooden houses.

Качественное, комфортное и доступное жилье, и обеспечение им населения остается наиболее актуальной темой в настоящее время. На протяжении длительного периода времени считалось, что малоэтажная застройка уместна только для сельской местности. В последнее время отношение жителей России к данному вопросу постепенно изменяется, что влечет за собой предпосылки к развитию малоэтажного домостроения и увеличению его доли в строительстве. Влияние оказывают многие факторы [1].

Во-первых, нельзя не отметить государственную программу субсидирования процентных ставок на покупку деревянных домов. Также в рамках программы «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» есть намерение применять деревянные материалы при строительстве социальных объектов и ввести квоту на использование деревянных материалов. Данная программа должна повлечь за собой увеличение доли применения деревянной продукции с 12 до 20 % к 2025 г. Для сравнения, в Европейском союзе сейчас в стадии реализации находится программа «Деревянная Европа», по результатам которой до 2020г доля деревянного домостроения должна достигнуть 80 %. Нельзя не отметить, что в Европе не просто возобновляют строительство деревянных домов, но разрабатывают новые технологии, позволяющие осуществлять высотное деревянное строительство. Так, шведские архитекторы из компании CF MollerArchitects предполагают к 2023 г. возвести в Стокгольме небоскреб из дерева высотой 34 этажа. Учитывая богатые лесосырьевые запасы нашей страны и потребности строительного рынка, для нашей страны неприемлемо оставаться на одном из последних мест по использованию древесины в домостроении среди европейских стран, и появление подобных программ подает надежды на скорейшее развитие и повсеместное распространение деревянного домостроения [2].

Также развитие малоэтажных комплексных застроек, окружающих существующие города, поможет решить ряд социально-экономических проблем. Так, сейчас в больших городах плотность застройки высока, что снижает качество жизни. Нельзя не брать во внимание происходящие транспортные заторы в час пик, общую городскую загрязненность. В данном случае малоэтажная застройка обладает рядом плюсов перед квартирой в многоэтажном доме: это и площадь жилья, и экологический фон, и комфортность, и единая архитектурная композиционность. В свою очередь, это будет иметь влияние и на рационализацию использования зе-

мельных участков, на регулирование, контроль над численностью населения, на нормирование размеров поселений. Помимо всего прочего, распространение малоэтажного строительства в России имеет политический аспект. Развитие и формирование среднего класса имеет неоспоримое влияние на социально-экономическое развитие страны. В настоящее время рост цен на жилую недвижимость делает практически недоступным приобретение жилья для среднего класса. Оказывают влияние на доступность такие факторы, как качество строительства, стоимость единицы площади и стоимость участка. Данный тип застройки, несмотря на появление современных материалов и технологий, остается трудоемким и материалоемким, и требует рассмотрения инновационных идей для ориентированности на средний класс [3].

Но есть факторы, значительно усугубляющие ситуацию и замедляющие рост востребованности деревянного возведения домов. Один из них – это проблема нормирования данного вида строительства. Нуждается в актуализации нормативно-правовая база деревянного домостроения, так как она не предусматривает современное обеспечение. Несмотря на то, что дерево возгорается ничуть не лучше, чем остальные виды материалов, эксплуатация в агрессивных средах гораздо лучше, а показатели скорости разрушения даже выигрывают перед бетоном или металлом, в нашей стране возведение деревянных домов выше 3 этажей усложняется дополнительными экспертизами и согласованиями. Соответственно для данного типа зданий **наконец-то был разработан СП «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования и строительства».** По данному документу регламентировано ограничение этажности – до семи этажей для жилых и до трех в общественных зданиях. Незавершенные технологии защиты от пожаров высотных деревянных объектов не позволяют пока по аналогии с Западом приблизиться к высоте деревянных зданий до 18 этажей [4].

Уже в 2017 г. вступил в силу свод правил 64.13330.2017 «СНиП II-25–80 Деревянные конструкции», предусматривающий повышение надежности и точности расчетов строительных конструкций, возводимых из древесины и материалов на ее основе. В данном документе включены новые требования, введены новые материалы и исключены устаревшие нормы. Новый свод правил будет служить дополнением к СП 299.1325800.2017 «Конструкции деревянные с узлами на винтах. Правила проектирования» и СП (проект, первая редакция) «Здания жилые многоквартирные с деревянным каркасом. Правила проектирования и строительства». Также разрабатываются стандарты на новые виды материалов на основе древесины и конструкции из них и нормативов по пожарной безопасности деревянных домов [5].

Еще одной из проблем является инженерное обеспечение застройки, так как малоэтажные объекты обычно возводятся за чертой города. Помимо простого и дорогостоящего решения – подключение к существующим сетям – есть и более неординарные и современные возможности. Использование альтернативных источников энергии является перспективным направлением для энергообеспечения домов. Например, применение солнечной энергии. Однако использование солнечных батарей осложняется погодными условиями и большим вложением денежных средств. Малая гидроэнергетика имеет хороший потенциал, который сейчас не используется и на 25 %. Возможности геотермальной энергетики также используются лишь на малую долю. Особенно успешны для производства данного вида энергии Дальневосточные регионы, Краснодарский и Ставропольский края. Еще одно направление – биогаз, который появляется при разложении любых органических отходов. Учитывая огромное количество органических отходов в нашей стране, можно получать немалые объемы газа, сжигая который, будем получать электро-

энергию. Небольшой процент от общего объема электроэнергии (порядка 5 %) может дать энергия приливов. Недооценена возможная перспективность ветроэнергетики. Несмотря на низкий уровень вносимых затрат, данный способ может увеличить обеспечение электроэнергией [6].

О перспективах альтернативной энергетики отмечается в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года». В планах экономить менее 1 % топливных ресурсов, что, несомненно, ничтожно мало в масштабах возможностей России. Хотя некоторые проекты уже начинают реализовываться (например, здание аэропорта в Симферополе с применением солнечных батарей), в стратегии прописана поддержка создания новых энергосберегающих технологий и реализация пилотных проектов, что также может повлиять на привлекательность малоэтажного домостроения в положительную сторону [7].

Исторически сложилось, что в России были избытки из деревянного бруса. С течением времени предпочтение стало отдаваться кирпичу, далее – блокам из-за недостатков древесного материала. С развитием промышленности и появлением новых строительных материалов, имеется возможность нейтрализовать некоторые недостатки древесины (например, антисептики - против гниения и насекомых, антипирены – против возгорания) и вывести ее на лидирующие позиции. При выборе конструктивного решения основное внимание уделяется стеновым конструкциям малоэтажных объектов. Они могут влиять не только на большую долю ценовой составляющей, но и на сроки возведения и трудоемкость строительства.

Выделяют следующие типы деревянных домов: из массивной древесины (срубное деревянное строительство), панельное и каркасное домостроение. По статистике, наиболее востребована каркасная технология возведения. Дома из сруба (оцилиндрованное, цельное бревно и клееный брус) являются самыми наилучшими по показателям санитарно-технических и гигиенических требований. Каркасные стены более дешевы и легки. Обычно такие дома возводятся на базе каркаса из клееной древесины с двойной обшивкой. Но, конечно, по прочности они ниже, чем дома из бруса. Панельное домостроение является разновидностью каркасного. Но только здесь каркас собирается из типовых панелей, что влечет за собой высокую степень заводской готовности дома. Такая многовариантность деревянного домостроения позволит удовлетворить запросы потенциальных покупателей с различными вкусовыми и ценовыми предпочтениями [8].

Различная ценовая категория деревянного домостроения непосредственно будет влиять и на объемы строительства тех или иных домов. По данным, размещенным в официальном вестнике Ассоциации Деревянного Домостроения, возведение домов из бруса может примкнуть к «элитному домостроению». В то время как постоянная обновляемость технологии возведения каркасных домов к 2020 году подтолкнет данную технологию на уровень «крупносерийного поточного производства», что позволит осуществить массовую доступную застройку. Панельные технологии должны выйти на рубеж 60 % от общего строительства деревянных домов, так как обширные варианты отделки, как наружной, так и внутренней, позволят и заинтересовать покупателей, и гармонично вписать в формат общей застройки. Каркасный дом, помимо того, что комфортен для проживания, более энергосберегающий, так еще и эффективнее с точки зрения возведения, эксплуатации и утилизации. А учитывая то, что с каждым годом становится больше привлекательных, конкурентоспособных идей и технологий, данный тип строительства быстро развивается и занимает прочные позиции.

Внимания к деревянному строительству становится все больше и больше. Привлекает и экологичность данных сооружений (способность деревянного дома

впитывать в себя CO<sub>2</sub>), экономическая целесообразность, заключающаяся в высокой заводской готовности, в уменьшении задержек строительного процесса и сокращении общих сроков возведения (в отличие от железобетона и кирпича). Но просвещенность россиян далека от европейского уровня, для нас приоритетным остается стоимость квадратного метра, а не экологическая ценность будущего дома. Низкая информированность населения тесно связана с дефицитом научной литературы, раскрывающей современные возможности деревянного домостроения. Возможно именно национальный проект «доступное и комфортное жилье – гражданам России» позволит раскрыть весь потенциал деревянного домостроения в России, помочь его широкому распространению и открыть глаза на приоритетность экологичных материалов [9].

### Литература

1. Левин.Ю.А., Проблемы развития рынка малоэтажного домостроения и некоторые пути их инновационного решения// Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. Номер 3 (40), Октябрь 2009г.
2. Покупатели квартир в деревянных домах получают государственные субсидии//Российская газета. Ноябрь 2017г.
3. В.Л.Рожков, Ф.М.Сайфуллина., Активизация малоэтажного жилищного строительства как фактор регионального инновационного развития.//Инновации и инвестиции. 24(159). – 2010.
4. Для деревянных домов могут установить льготную ипотеку.//Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. URL: <http://www.garant.ru/news/704800/> (дата обращения: 25.11.2017).
5. Минстрой разработал новый СП для деревянного домостроения.// Портал Ради дома Pro. URL:<http://www.radidomapro.ru/ryedktzj/green/green/minstroj-razrabotal-novyj-sp-dlia-derevianogo-dom-48350.php> (дата обращения: 26.11.2017).
6. Альтернативные источники энергии в России: современные реалии и потенциал развития.//Альтернативные источники энергии. URL: <http://www.energya.by/alternativnyie-istochniki-energii-v-rossii-sushhestvuyushhie-realii-i-potentsial-razvitiya/> (дата обращения: 26.11.2017).
7. Энергетическая стратегия России на период до 2030года. Ноябрь 2009 г.
8. С.А.Коростин. Особенности и тенденции развития регионального рынка малоэтажного домостроения.//Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология.2013. №1(22).
9. Каким будет деревянное домостроение к 2020 г. //Официальный вестник НП Ассоциации деревянного домостроения. апрель 2008. №3.

### УДК 692

*Сергей Павлович Шуклинов*, магистрант  
*Василя Касимовна Нефедова*, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: elepic@bk.ru*

*Sergey Pavlovich Shchuklinov*, undergraduate  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, PhD of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: elepic@bk.ru*

## ТЕХНОЛОГИЯ JET-GROUTING – СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД СТРОИТЕЛЬСТВА НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

### TECHNOLOGY JET-GROUTING – MODERN METHOD OF CONSTRUCTION ON SOFT GROUND

На протяжении всей истории человечество стремилось создать объекты, как наземного типа, так и подземного. В древнем мире основными строительными материалами служили камень и дерево, исторические находки показывают, что люди умудрялись построить огромные подземные города в скальном грунте. Сейчас же освоение территории наблюдается по всему миру в са-

мых неблагоприятных условиях, которые создают предпосылки для развития технологий, создания новых методов строительства различных подземных сооружений. Стараясь соблюсти простой принцип в сокращении материальных затрат и сроков строительства, инженеры изобрели передовой метод, с помощью которого можно изменить состав грунта, который получил название – струйное цементирование (англ. Jet – grouting).

*Ключевые слова:* строительство, подземные сооружения, технологии, изменить состав грунта, струйное цементирование.

Throughout the history humanity sought to create objects like the ground type, and underground. In the ancient world, the main construction materials were wood and stone, historical finds show that people managed to build huge cities in a rock grounds. Now the development of the region observed around the world in the most adverse conditions, which create backgrounds for the development of technologies, creation of new methods of construction of various underground structures. Trying to follow the simple principle to reduce material costs and construction time, engineers invented advanced method by which you can change the composition of the ground, which received the name Jet-grouting.

*Keywords:* construction, underground structures, technologies, change the composition of the ground, jet-grouting.

В настоящее время все больше появляется новых технологий на рынке строительных конструкций. С появлением новых проблем на рубеже двадцатого века и недостатками существующих методов появилась серьезная необходимость в развитии технологий. Так появилась технология струйной цементации или «jet – grouting», которая оказалась одним из лучших решений укрепления грунта и создания плотного основания под жилым зданием. Эта технология появилась в 30-х годах прошлого века и поначалу использовалась для разрушения горных пород при помощи водяной струи. Активно начала использоваться уже спустя сорок лет, таким образом, в 1979 году была возведена Загорская ГАЭС. На создание низовой плотины этой станции, а точнее говоря, строительство временной противофильтрационной завесы в котловане струйная цементация была впервые апробирована. Именно для этих целей jet – grouting использовался в СССР и далее, когда, напротив, в других странах он получил более широкое распространение, особенно в Японии, где, кроме всего прочего, получил еще совершенствование и развитие. Наконец в 90-х годах при решении гидравлических задач струйная цементация разделилась на два направления: применение цементировочных насосов высокого давления до 400–1000 атм. и низкого давления, но при высоком расходе жидкости [1].

Технология применяется, в первую очередь, для повышения прочностных и деформационных характеристик грунтов с целью создания прочного искусственного основания, наподобие железобетона. Различные инженерные, геотехнические и геоэкологические задачи решаются с помощью этой технологии фактически в любых климатических и инженерно- геологических условиях. Главный вопрос в применении этой технологии заключается в следующем: необходимо получить точную оценку геометрических и механических характеристик получаемого грунтоцементного массива в зависимости от параметров струйной цементации, расходных материалов и геологических условий объекта, к тому же на настоящий момент не существует нормативных документов, которые можно было бы использовать на стадии проектирования, поэтому все сводится к опыту специалиста и результатам лабораторных испытаний полученного массива. Опыт показывает, что при этом достаточно сложно определить величины показателей прочности и деформативности грунта, поскольку значения, полученные в испытаниях, слишком разнятся.

Jet – grouting сейчас применяется практически в любом виде строительства [2,3]:

Промышленное и гражданское строительство (фундаменты зданий и сооружений).

Автодорожное строительство (укрепление автодорожного полотна).

Железнодорожное строительство (создание единой прочной структуры под шпалы).

Тоннелестроение (закрепление грунта вокруг туннельного прохода с целью его укрепления и создания частичной гидроизоляции, особенно в условиях напорных вод).

Консервация вредных технических отходов.

Освоение и благоустройство заболоченных территорий (что по сути является основой при освоении территорий на слабых грунтах в северо-западном регионе).

Устройство противодиффузионной завесы.

Устройство ограждения котлованов и подпорных стен (особенно в условиях плотной городской застройки).

Устройство вертикальных шахт (колодцев) большого диаметра.

Укрепление откосов и армирование грунтов (особенно слабых, торфяных и глинистых водонасыщенных, в том числе с целью понижения уровня грунтовых вод).

Укрепление опорных конструкций.

Создание анкерных креплений.

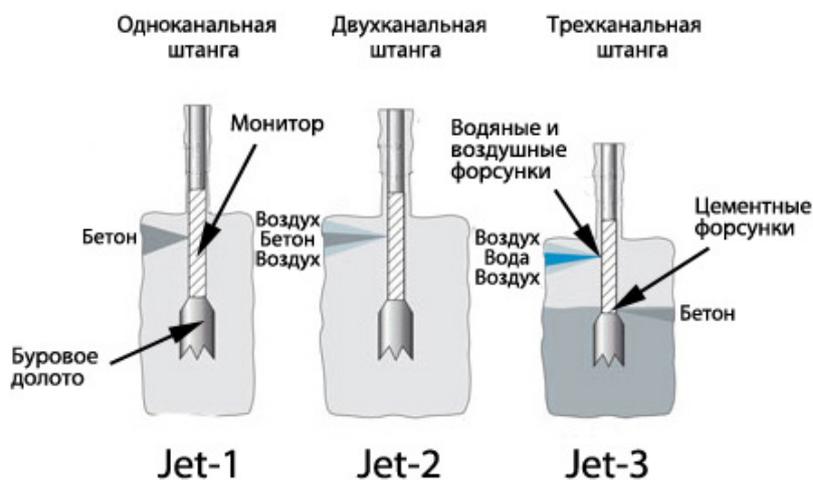
Как видно, технология хорошо себя зарекомендовала, но в чем же все-таки она заключается, каких видов бывает и как происходит процесс закрепления грунта.

Методы закрепления разделяются по типу используемого раствора на цементацию, силикатизацию и смолизацию, кроме того, существуют два метода введения раствора в породу: инъекционный и непосредственно струйная цементация. Первый отличается тем, что изначально в грунте бурятся небольшие скважины, в которые уже потом под небольшим давлением вводится раствор. Но у этого метода есть свои недостатки, такие как ограниченность коэффициента фильтрации используемой породы (0.2 м/сут), большие расходы раствора при использовании в трещиноватых грунтах, особенно при наличии трещин, полостей, включений, что напрямую влияет на неоднородность созданного массива. Струйная цементация имеет в этом плане исключительно положительные моменты с предсказанием полученного результата. Выглядит струйная цементация в толще грунта, как круглого сечения сваи.

Суть метода заключается в параллельном разрушении породы и перемешивании грунта и стабилизирующего раствора в формате *mix – in – place* («смешивание на месте»). В качестве бурового инструмента используется полый шнек, в котором подается бетонный раствор. По достижению конца этого шнека раствор попадает в монитор, оборудованный форсунками. В последнем преобразуется энергия высокого давления в кинетическую энергию потока, разрушающего и перемешивающего породу. Стоит отметить, что сваи, созданные таким методом, возводятся снизу – вверх.

На сегодняшний день существует три системы цементации JET–1, 2, 3. Главное отличие между ними – организация процесса разрушения грунта и создания грунтоцементных свай. Таким образом в Jet-1 раствор подается под напором в одноканальной штанге, способный создать сваи до 60–80 см в диаметре и наиболее широко применяется в строительстве. Jet-2 отличается подачей бетонного раствора и струи воздуха одновременно в двухканальной штанге, разрушая больше грунта вокруг шнека. Максимальный диаметр свай увеличивается в 2 раза. Наконец Jet-3

используется крайне редко для массивных и больших объектов. Напорный поток состоит из трех компонентов- бетон, воздух и вода (рисунок). Только с помощью этой технологии можно произвести полную замену грунта бетоном. Вертикально подающийся раствор в сочетании с воздухом и водой, подаваемых перпендикулярно направлению бурения, способен создать сваи до 2.5 метров [4,6].



Различие между системами Jet-1, Jet-2 и Jet-3

Таким образом данную технологию можно применять повсеместно. Отдельно хочется отметить рациональность применения струйной цементации при усилении фундаментов существующих зданий. Поскольку их фундамент по большей части состоит из деревянных свай и каменного, бутового или кирпичного фундамента в виде ленты, возникает сложность в замене этого фундамента на современный аналог, вследствие возможности возникновения осадки и потери прочности зданий, охраняемых государством и занесенных в графу «историческое наследие». Главные плюсы струйной цементации заключаются в высокой производительности, простоте, отсутствии негативных ударных воздействий, а что самое главное возможности работы в стесненных условиях. Усиливая грунтовый массив, можно справиться с главной и типичной проблемой всех старых зданий – появление трещин на фасаде вследствие усадки здания посередине или по углам, а также деформирования стен здания. При усилении таких фундаментов струйную цементацию проводят снаружи и реже изнутри здания наклонным образом относительно основания здания, поэтому фундамент оказывается, как бы защемлен в армированном цементом грунте, к тому же измененные свойства грунта теперь положительно скажутся на развитии осадки [4,5,6].

Этой же технологией сейчас создают измененный грунтомассив под новостройки, возводят сваи жилых домов. А единственным ограничением струйной цементации является несущая способность раствора, хотя и эта проблема в ближайшем будущем решаема.

#### Литература

1. История применения струйной технологии <http://helpiks.org/5-60393.html>.
2. Применение технологии Jet – Grouting в различных областях строительства [http://dolomit-pk.ru/useful/primenenie\\_jet\\_grouting\\_v\\_stroitelstve/](http://dolomit-pk.ru/useful/primenenie_jet_grouting_v_stroitelstve/).
3. Грунтоцементные сваи по технологии "Джет – граутинг" (Jet Grouting) <http://www.geostroy.ru/technology/jet-grouting-technology/>.
4. Flora Alessandro Jet Grouting, Giuseppe Modoni, Paolo Croce, Gardners Books, 2014.

5. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов, Пресстайм, 2007. - 168 с.

6. Системы струйной цементации Jet-1, Jet-2, Jet-3: особенности и отличия  
[http://www.anker-pk.ru/poleznoe/zakreplenie\\_gruntov/sistemy\\_struinoy\\_cementacii/](http://www.anker-pk.ru/poleznoe/zakreplenie_gruntov/sistemy_struinoy_cementacii/).

#### **УДК 69.01**

*Вадим Вагизович Юмагулов*, магистрант  
*Василя Касимовна Нefeldова*, канд. техн.  
наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: vkn7@mail.ru*

*Vadim Vagizovich Jumagulov*, Graduate student  
*Vasilya Kasimovna Nefedova*, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: vkn7@mail.ru*

### **ПРОБЛЕМЫ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА, И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ НА СЛОЖИВШЕЙСЯ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

#### **PROBLEMS OF ALTITUDE CONSTRUCTION AT THE STAGE OF DESIGN AND CONSTRUCTION, AND MODERN PRINCIPLES OF THEIR PLACEMENT ON THE STAGE OF ST.PETERSBURG IN THE CITY CONSTRUCTION**

В статье изучены проблемы высотного строительства. Проанализирован рынок высотных зданий Санкт-Петербурга. Рассмотрены принципы расположения «небоскребов» в сложившейся исторической застройке города.

*Ключевые слова:* высотное строительство; проблемы высотного строительства; принципы размещения высотного строительства; перспективы развития высотного строительства

The article studies the problems of high-rise construction. The market of high-rise buildings in St. Petersburg is analyzed. The principles of the location of «skyscrapers» in the existing historical development of the city are considered.

*Keywords:* high-rise construction; problems of high-rise construction; principles of high-rise construction; prospects for the development of high-rise construction.

На сегодняшний день развитие высотного строительства в РФ обусловлено высоким уровнем интереса местных и иностранных инвесторов к рынку недвижимости, в особенности инвестированию в строительство уникальных объектов. В условиях развивающейся экономики высотное строительство может стать двигателем в развитии различных отраслей экономики и в целом оказать положительный мультипликативный эффект на состояние экономики государства. Учитывая динамику высотного строительства в России и его локальный характер, можно отметить, что большинство застройщиков сталкиваются с различными проблемами и препятствиями для строительства, еще на этапе проектировки высотных зданий. Поэтому, для развития уникального строительства в России актуальным является определение и анализ существующих проблем высотного строительства на этапе проектирования и строительства.

К числу проблем, возникающих при проектировании и строительстве высотных зданий и требующих обязательного учета, рассмотрения и решения, следует отнести следующие:

- оправданная градостроительная и функционально-типологическая необходимость возведения;
- предельно допустимая этажность (высотность);
- правильный выбор конструктивной системы, схемы и проектных решений с учетом предотвращения потери устойчивости основания и самого сооружения, приводящей к разрушению и обрушению конструкций;
- недопустимость отклонения от утвержденных проектных решений и изменения этажности сооружений в процессе строительства;
- оптимальная вместимость жилых и нежилых, общественных помещений;
- необходимое функциональное взаимодействие жилых и нежилых зданий и сооружений с транспортной и обслуживающей инфраструктурой города;
- требуемая вместимость подземных, наземных и надземных автостоянок личного транспорта и их рациональное размещение;
- эффективная минимизация угрозы внешней и внутренней опасности разрушения здания за счет создания специальной службы безопасной эксплуатации;
- требуемая пожарная и эвакуационная безопасность людей, находящихся в высотных зданиях;
- рациональная эффективность современных инженерных решений по жизнеобеспечению и оснащённости здания, энергосбережению и комфортности обслуживания и т. п.

Из-за сравнительно малого опыта строительства высотных комплексов у нас в стране далеко не все из перечисленных факторов к настоящему времени хорошо изучены.

И здесь особая ответственность ложится на управленческие, исполнительные и контролирующие органы городской власти, их подразделения в области архитектуры и строительства, на специализированные научно-исследовательские и проектные институты по созданию жилых зданий и комплексов, проектированию уникальных высотных сооружений.

Ввиду чрезвычайной загруженности городских магистралей автотранспортом, количество которого за последние годы увеличилось в разы и продолжает неуклонно расти, пристальное внимание следует уделять также и транспортной инфраструктуре территорий. Провести комплексную оценку и тщательные расчеты для включения высотных зданий в сложившуюся застройку городов.

Безусловно, профиль городов не должен определяться только экономическими предпосылками. Есть важные аспекты охраны исторического наследия, градостроительного регулирования, которые нужно непременно учитывать.

В России, где много крупных городов, в том числе и со сложившейся исторической застройкой, вопросы, связанные с размещением высоток, должны стать предметом самого пристального внимания. Решения о высотном строительстве в историческом центре должны быть взвешенными. В то же время за счет высотного строительства можно освобождать исторические центры городов, за счет перемещения деловой активности на окраины, а в исторической части сохранить первозданную красоту.

Следует вести поиск градостроительных решений, обеспечивающих баланс между сохранением исторической городской ткани и потребностью города расти вверх. Необходимо искать новые качества развития пешеходной и транспортной инфраструктуры в окружении высотного объекта.

В этом контексте показателен опыт Санкт-Петербурга. Достаточно вспомнить, какой высокий социально-политический накал вызвала дискуссия относительно возможности реализации близ исторического центра высотного проекта «Охта-центр». В итоге место размещения объекта было пересмотрено.

Между тем территория, где ранее планировалось строительство башни Газпрома, получила дополнительный импульс к развитию. «Только инициирование проекта «Охта-центр» привлекло на правый берег Невы многочисленных девелоперов коммерческой недвижимости. Так появился бизнес-парк «Полуостров», «Санкт-Петербург Плаза» и многие другие – в общей сложности более 100 000 кв. м качественной деловой недвижимости». Формирование качественных деловых центров вокруг высотных доминант невозможно без параллельного развития транспортной инфраструктуры. И в этом вопросе уже есть отечественный опыт. Так, вокруг башни «Лидер Тауэр» на площади Конституции, пока единственной офисной высотки Петербурга (145,5 м), сформировалась группа бизнес-центров с общей площадью офисов почти 100 000 кв. м. Однако общий объем офисной недвижимости в этом районе носит стихийный характер, а отсутствие каких-либо специальных мер по развитию инфраструктуры не позволяет назвать площадь Конституции полноценным деловым районом.

Появление высотки и тем более комплекса высотных зданий в городе оказывает серьезную нагрузку на транспортную инфраструктуру территории. Например, при вводе новых объектов в «Москва-Сити» транспортная доступность района ухудшилась настолько, что общественность стала инициировать обращения о необходимости ввода платного въезда и изменения системы подъезда к ним.

Проект «Москва-Сити» – хорошая школа для того, чтобы понимать: вопросы развития транспортной инфраструктуры должны рассматриваться в комплексе с решением архитектурных и планировочных проблем. Для того, чтобы высотный комплекс функционировал в полном объеме, правительством Москвы формулируются планы по строительству метро, железнодорожных линий.

При планировании «Лахта центра» эти недочеты устранены. Объект позиционируется как многофункциональный комплекс с большим количеством общественных пространств. Проект развивается в увязке со стратегическими инфраструктурными стройками города – на момент определения местоположения был ориентир на завершение строительства ЗСД и продление «зеленой» ветки метро до улицы Савушкина. В «Лахта центре» существуют реальные предпосылки для формирования качественного общественно-делового района.

Российские города стремительно развиваются, число горожан растет. И для комфортного проживания следует развивать не столько высотное, сколько строительство зданий средней этажности. Но при этом надо анализировать и представлять, какие проблемы развития транспортной и инженерной инфраструктуры предстоит решить.

Именно поэтому самое время найти разумный баланс между высотной и малоэтажной застройкой. При этом очевидно, что высотное строительство возможно не во всех регионах страны. Для дотационных и не очень привлекательных для капитала территорий это вопрос не сегодняшнего дня, но это не снимает проблему. «Скорее это тренд будущего. Высотное строительство в РФ должно и будет развиваться».

Мы должны концентрировать внимание не на масштабах, а на том, как сделать города привлекательными и комфортными, как создать качественную среду.

Главное – сделать город не высотным и мощным, а гармоничным, полным жизни. Создать симбиоз большого и малого, чтобы все друг с другом сочеталось и дополнялось.

### Литература

1. Готина Д. Н., Ткаченко Ю. Г. Проблемы проектирования высотных зданий // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2011 г.
2. forum-100.ru Международный форум высотного и уникального строительства.
3. Генералов В. П., Генералова Е. М. Перспективы развития типологии высотных зданий. Будущее городов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 1 (18).

### УДК 69

*Анна Руслановна Маркович,*  
старший преподаватель  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: anna\_r\_sh@mail.ru*

*Anna Ruslanovna Markovich,*  
Assistant Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: anna\_r\_sh@mail.ru*

## РЫНОЧНЫЕ МЕТОДЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### MARKET METHODS OF PRICING IN CONSTRUCTION

В данной статье рассмотрено само понятие ценообразования в строительстве, подразделение на виды рыночных цен. Приведено рассмотрение вопроса сметной стоимости строительства и методы ценообразования.

*Ключевые слова:* ценообразование, виды рыночных цен, сметная стоимость строительства, методы ценообразования.

In this article, the very concept of pricing in construction, a subsection on types of market prices, is considered. Consideration is given to the issue of the estimated cost of construction and pricing methods.

*Keywords:* pricing, types of market prices, estimated construction costs, pricing methods.

Ценообразование – это механизм и система правил формирования стоимости строительной продукции в денежном выражении. Ролью ценообразования является определение объективной и обоснованной цены строительства. Вся производственная деятельность строительной организации связана с системой определения цен и подвержена ее влиянию.

Действующая система ценообразования в строительстве базируется на концепции рыночного ценообразования. Рыночная цена строительной продукции определяется средней стоимостью строительства объекта в определенный период времени на конкретном рынке.

По условиям формирования рыночные цены можно подразделить на следующие виды:

- свободная рыночная цена;
- монопольная рыночная цена;
- демпинговая цена;
- фиксированная цена;
- предельная цена.

Ценообразование в строительстве является сложным процессом, требующим знаний, опыта и интуиции специалиста. Оно основывается на общих для всех отраслей принципах и включает следующие этапы:

- Выбор объекта ценообразования.
- Анализ спроса и предложения.
- Изучение цен конкурентов.
- Расчет затрат на производство и реализацию.
- Обоснование метода ценообразования.
- Определение цены продукции.

Существуют особенности ценообразования в строительстве, которые обусловлены спецификой строительной отрасли:

- индивидуальным характером и сложностью строящихся объектов;
- большой длительностью строительного процесса;
- местными природно-климатическими условиями строительства;
- региональными различиями экономических условий;
- многовариантностью технологии;
- индивидуальностью технологии;
- высокой материалоемкостью строительной продукции;
- территориальной закрепленностью объекта;
- мобильностью рабочих и средств производства;
- специфическими особенностями учёта сметной прибыли и формирования стоимости эксплуатации машин и механизмов;
- тем, что в формировании цены на строительную продукцию одновременно участвуют проектировщик, заказчик и подрядная организация;
- стоимостью строительной продукции определяется сметой, составляемой на основе проекта, сметных норм и других данных.

Результатом деятельности строительных организаций является строительная продукция. Под продукцией в строительстве понимается законченный строительством и сданный в эксплуатацию объект.

Строительная продукция имеет свои особенности, а также индивидуальный характер. Поэтому для каждого объекта на основе проекта и сметно-нормативной базы разрабатывается своя сметная документация, учитывающая все эти особенности. Сметная документация является составной частью проекта.

Сметная стоимость строительства показывает сумму денежных средств, необходимую для осуществления строительства в соответствии с проектом.

Сметная стоимость строительства определяется в соответствии с Методикой определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации – МДС 81-35.2004, (Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу – Москва, 2004).

Для определения сметной стоимости необходимо знать и иметь:

- для нового строительства: проект и рабочую документацию, в составе которых принимаются параметры зданий, сооружений, их частей и конструктивных элементов, в том числе: чертежи, ведомости объемов строительных и монтажных работ, спецификации и ведомости на оборудование, основные решения по организации и очередности строительства, принятые в проекте строительства, а также пояснительные записки к указанным материалам;
- для выполнения ремонтных работ: дефектную ведомость;

- действующие сметные нормативы, отпускные цены на оборудование, мебель и инвентарь.

Сметная стоимость строительства является основой для планирования и осуществления капитальных вложений, учета и отчетности, расчетов за выполненные работы.

На основе сметной стоимости строительства формируется свободная (договорная) цена на строительную продукцию.

Свободная (договорная) цена на строительную продукцию обеспечивает подрядчику возврат издержек производства и причитающуюся прибыль в размере обусловленной нормы, а инвестору (заказчику) – определение объема инвестиций на строительство объекта. При этом договорная цена может определяться как на основе сметной деятельности, так и по соглашению сторон с использованием соответствующих нормативов.

Используемые сметно-нормативная база и метод формирования цены определяются инвестором и подрядчиком в процессе переговоров и фиксируются в договоре подряда.

В рыночных условиях методы ценообразования можно разделить на затратные, методы маркетинговых исследований и методы определения цен на основе потребительских свойств товаров.

1. Затратный метод основывается на определении средних (базовых) затрат производства ( $C_{\text{баз}}$ ) с добавлением расчетного норматива прибыли ( $\Pi_{\text{норм}}$ ):

$$C = C_{\text{баз}} + \Pi_{\text{норм}}$$

2. Метод маркетинговых исследований базируется на изучении рынков сбыта, поведения конкурентов, оценке эластичности спроса в зависимости от изменения цены и т. д. Его суть в нахождении цены, являющейся идеальным балансом между тем, сколько готов заплатить за продукцию покупатель и затратами организации при его производстве.

3. Методы, основанные на определении потребительских свойств товаров более сложные, характерны в основном для рынка машин, оборудования и недвижимости. Основным методом из этой группы является параметрический, который основывается на сравнении данного вида продукции с базисным:

$$C = C_0 * \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{P_{0i}} * d_i \right),$$

где  $C_0$  – базисная цена, р.;  $P_i$  и  $P_{0i}$  – параметры, соответственно оцениваемого и базисного товара;  $I (1, 2, 3, \dots, n)$  – число учитываемых параметров;  $D_i$  – весомость  $i$ -го параметра в цене товара.

При любом методе ценообразования цена продукции должна учитывать возможности сбыта, т. е. быть конкурентоспособной на рынке данных товаров. Это требует постоянного изучения конъюнктуры товарного рынка и выработки соответствующей ценовой политики.

### Литература

1. Корабельникова С.С. Экономика строительства: учебное пособие / С.С. Корабельникова. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2014.
2. Нефедова В.К. Анализ проблем современного строительства в России//Межвузовский сборник статей 68 Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, «Актуальные проблемы современного строительства» /СПбГАСУ. СПб, 2015.
3. Ценообразование и сметное дело в строительстве. Под общей ред. Х.М. Гумбы. – Москва: Юрайт, 2017.

## УДК 69

Гузель Мансуровна Гибадуллина, магистрант  
Василя Касимовна Неведова, канд. техн. наук,  
доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: vkn7@mail.ru

Guzel MansGibadullina, Graduate student  
Vasilya Kasimovna Nefedova, Ph.D. of Sci. Eng.,  
Associate Professor  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: vkn7@mail.ru

## ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА В РОССИИ

### PROBLEMS OF THE CONTEMPORARY LAND CADASTRE IN RUSSIA

В статье рассмотрены основные проблемы ведения государственного кадастрового учета и Единого реестра недвижимости в стране. Выявлен ряд причин, вызывающих появление данной проблемы на всех стадиях работ.

*Ключевые слова:* земельный кадастр, кадастр недвижимости, законодательные акты, кадастровая деятельность, Закон

In the article the main problems of conducting state cadastral registration and the Uniform register of real estate in the country are considered. A number of reasons that cause the appearance of this problem at all stages of the work are revealed.

*Key words:* land cadastre, real estate cadastre, legislative acts, cadastral activity, Law

Современное состояние земельного кадастра в России находится в «плачевном» состоянии. Нет четкого стратегического понимания задач, стоящих перед государственным земельным кадастром и планом его реализации. Попытки создания электронного всероссийского земельного кадастра и кадастра недвижимости по образцу и подобию Европейского, без тщательного подготовительного периода и взвешенных решений привели к нынешнему состоянию дел в этом направлении. Введение в действие новых Законов после 01.01.2017 г., казалось бы, решающих все назревшие проблемы, только еще больше усугубило ситуацию для граждан страны и для специалистов, занятых в данной сфере деятельности.

Что же мешает найти правильное решение данной проблемы:

- разночтение Конституции Российской Федерации и законодательных актов, связанных с юридической и правовой основой земельного кадастра и кадастра недвижимости;
- отсутствие правильного толкования юристами кадастровых, картографических, геодезических и географических терминов;
- отсутствие единой системы геодезических координат;
- дефицит специалистов высокой квалификации в руководящих структурах Росреестра и не понимания ими поставленных задач;
- низкое качество подготовки профильных специалистов в учебных заведениях из-за непрофессионализма преподавательского состава и не совершенства учебных программ;
- наличие большого количества ошибок и подгонок при проведении полевых и камеральных работ;
- отсутствие контроля выполнения работ;
- отсутствие Института оценщиков и непродуманное объединение земельного кадастра и кадастра недвижимости;

- отсутствие стабильного и качественного информационного взаимодействия между структурными подразделениями органов ведения кадастра и картографии в стране;

- разная интерпретация нормативно-правовой документации в области ведения кадастровой деятельности на региональном, муниципальном уровнях.

Попытка руководителей всех степеней решить проблемы земельного кадастра и кадастра недвижимости путем фиктивного выполнения данного вида работ по учету объектов недвижимости и сбора налогов для пополнения государственной казны лишь усугубляет данную проблему.

Какие существуют пути выхода из создавшегося положения?

Во-первых, необходимо правильное конкретное понимание самого понятия - кадастр.

**Государственный кадастр** представляет собой единый реестр, составленный в соответствии с действующим законодательством, оформленный в виде систематизированного свода сведений о показателях экономического характера.

**Государственный кадастр недвижимости** – систематизированный свод сведений об учтённом недвижимом имуществе, а также сведений о прохождении Государственной границы Российской Федерации, о границах между субъектами Российской Федерации, границах муниципальных образований, границах населённых пунктов, о территориальных зонах и зонах с особыми условиями использования территорий, иных предусмотренных Федеральным законом «О государственном кадастре недвижимости» сведений. Государственный кадастр недвижимости является федеральным государственным информационным ресурсом. Основное назначение: организация оборота прав, зарегистрированных в Едином государственном реестре прав на недвижимое имущество и сделок с ним.

Вы только вчитайтесь в эти определения и понятия, составленные юристами. И вы поймете, что ни чего не поймете. Так накручено, что в эти понятия можно «вогнать» все, что хочешь. Обо всем и ни о чем.

Исходя из вышесказанного, рассмотрение последующих проблем теряет всякий смысл.

Кажется, чего проще – есть участок земли в определенных координатных границах, есть его площадь, есть его оценочная стоимость. И вот тут, благодаря некомпетентности юристов в вопросах геодезии, **топографии** (а это понятия вообще исключено нашими законописателями) и картографии, начинаются проблемы.

Хочется пожелать, чтобы юристы, при составлении Законодательства связанного с определениями, понятиями и терминологиями вопросов кадастра, геодезии, топографии, картографии консультировались с высокопрофессиональными специалистами из этих областей.

Ведь в земельном кадастре в основе лежит маленький кусочек земли на топографическом плане, который составляет менее 10 процентов кадастрового дела, но без этого кусочка бумаги не будет и кадастра.

Зрите в корень.

## САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН

### SELF COMPACTING CONCRETE

Самоуплотняющийся бетон (SCC) представляет собой инновационный бетон, который не требует вибрации для размещения и уплотнения. Он способен течь под собственным весом, полностью заполняя опалубку и достигая полного уплотнения даже при наличии переполненного арматуры. Затвердевший бетон является плотным, однородным и имеет те же технические свойства и долговечность, что и традиционный вибробетон. Самоуплотняющийся бетон (SCC) обладает повышенными качествами и улучшает производительность и условия работы благодаря устранению уплотнения. SCC подходит для размещения в конструкциях с перегруженной арматурой без вибрации и помогает в достижении более высокого качества отделки поверхности, при недостаточной однородности литого бетона из-за плохого уплотнения или сегрегации может резко снизить производительность зрелого бетона. SCC был разработан для обеспечения адекватного уплотнения и облегчения размещения бетона в конструкциях с усиленным армированием и в зонах ограниченного доступа. Развитие самоуплотняющегося бетона (SCC) знаменует собой важную веху в улучшении качества и эффективности продукции строительной отрасли. SCC однородно распространяется из-за собственного веса, без дополнительной энергии уплотнения и не захватывает воздух. SCC повышает эффективность на строительных площадках, улучшает условия работы, качество и внешний вид бетона. Волокна разрушают трещины и замедляют их распространение. Они способствуют увеличению поглощения энергии по сравнению с обычным бетоном. Самоуплотняющийся волокнистый бетон (SCFRC) сочетает в себе преимущества SCC в свежем состоянии и показывает улучшенные характеристики в закаленном состоянии по сравнению с обычным бетоном благодаря добавлению волокон. Благодаря специальным характеристикам могут быть изучены новые области применения.

*Ключевые слова:* Реология, Высокопрочный бетон, свежий бетон, вискозиметр, самоуплотнение, вязкость, дизайн смеси, долговечность, уплотнение, готовый смешанный бетон, инновации, исследования, использование, деформация, связь, вибрация, пыль, экономичность, урожайность, сегрегация, сдвиг ставка.

Self-compacting concrete (SCC) is an innovative concrete that does not require vibration for placing and compaction. It is able to flow under its own weight, completely filling formwork and achieving full compaction, even in the presence of congested reinforcement. The hardened concrete is dense, homogeneous and has the same engineering properties and durability as traditional vibrated concrete, Self-compacting concrete (SCC) possesses enhanced qualities and improves productivity and working conditions due to elimination of compaction. SCC is suitable for placing in structures with congested reinforcement without vibration and it helps in achieving higher quality of surface finishes, in adequate homogeneity of the cast concrete due to poor compaction or segregation may drastically lower the performance of mature concrete insitu. SCC has been developed to ensure adequate compaction and facilitate placement of concrete in structures with congested reinforcement and in restricted areas. The development of self-compacting concrete (SCC) marks an important milestone in improving the product quality and efficiency of the building industry. SCC homogenously spreads due to its own weight, without any additional compaction energy and does not entrap air. SCC improves the efficiency at the construction sites, enhances the working conditions and the quality and the appearance of concrete. Fibres bridge cracks and retard their propagation. They contribute to an increased energy absorption compared with plain concrete. Self-compacting fibre reinforced concrete (SCFRC) combines the benefits of SCC in the fresh state and shows an improved performance in the hardened state compared with conventional concrete due to the addition of the fibres. Due to its special characteristics new fields of application can be explored.

*Keywords:* Rheology, High strength concrete, fresh concrete, viscometer, self-compacting, viscosity, mix design, durability, consolidation, ready mixed concrete, innovation, research, use, deformation, bond, vibration, dust, economy, yield value, segregation, shear rate.

**Introduction and background of SCC:** Self-Consolidating Concrete has properties that differ considerably from conventional slump Concrete. SCC is highly workable concrete that can flow through densely reinforced and complex structural elements under its own weight and adequately fill all voids without segregation, excessive bleeding, excessive air migration (air-popping), or other separation of materials, and without the need for vibration or other mechanical consolidation. Self-consolidating concrete is a highly flow able concrete that spreads into the form without the need of mechanical vibration. Self-compacting concrete is a non-segregating concrete that is placed by means of its own weight. The importance of self-compacting concrete is that it maintains all concrete's durability and characteristics, meeting expected performance requirements. In certain instances the addition of super plasticizers and viscosity modifier are added to the mix, reducing bleeding and segregation. Concrete that segregates loses strength and results in honeycombed areas next to the formwork. A well designed SCC mix does not segregate, has high deformability and excellent stability characteristics. SCC was developed first in Japan in the late 1980s to be mainly used for highly congested reinforced structures in seismic regions (Bouzoubaa and Lachemi, 2001). As the durability of concrete structures became an important issue in Japan, an adequate compaction by skilled laborers was required to obtain durable concrete structures. This Requirement led to the development of SCC and its development was first reported in 1989 (Okamura and Ouchi, 1999).

**Self-Compacting Concrete Properties:** Self-compacting concrete produces resistance to segregation by using mineral fillers or fines, and using special admixtures. Self-consolidating concrete is required to flow and fill special forms under its own weight, it shall be flow able enough to pass through highly reinforced areas, and must be able to avoid aggregate segregation. This type of concrete must meet special project requirements in terms of placement and flow.

Self-compacting concrete with a similar water cement or cement binder ratio will usually have a slightly higher strength compared with traditional vibrated concrete, due to the lack of vibration giving an improved interface between the aggregate and hardened paste. The concrete mix of SCC must be placed at a relatively higher velocity than that of regular concrete. Self-compacting concrete has been placed from heights taller than 5 meters without aggregate segregation. It can also be used in areas with normal and congested reinforcement, with aggregates as large as 2 inches.

**Self-Compacting Concrete Uses:** Self-compacting concrete has been used in bridges and even on pre-cast sections. One of the most remarkable projects built using self-compacting concrete is the Akashi-Kaikyo Suspension Bridge. In this project the SCC was mixed on-site and pumped through a piping system to the specified point, located 200 meters away. On this particular project the construction time was reduced from 2.5 years to 2 years.

**Self-Compacting Concrete Benefits:** Using self-compacting concrete produce several benefits and advantages over regular concrete. Some of those benefits are:

- Improved constructability.
- Labor reduction.
- Bond to reinforcing steel.
- Improved structural Integrity.

- Accelerates project schedules.
- Reduces skilled labor.
- Flows into complex forms.
- Reduced equipment wear.
- Minimizes voids on highly reinforced areas.
- Produces superior surface finishes.
- Superior strength and durability.
- Allows for easier pumping procedure.
- Fast placement without vibration or mechanical consolidation.
- Lowering noise levels produced by mechanical vibrators.
- Produces a uniform surface.
- Allows for innovative architectural features.
- It is recommended for deep sections or long-span applications.
- Produces a wider variety of placement techniques.

**Factors Affecting Self Compacting Concrete:** Using self-compacting concrete must not be used indiscriminately. These factors can affect the behavior and performance of self-compacting concrete:

- Hot weather.

Long haul distances can reduce flow ability of self-compacting concrete.

- Delays on jobsite could affect the concrete mix design performance.
- Job site water addition to Self-Compacting Concrete may not always yield the expected increase in flow ability and could cause stability problems.

**Mix design of SCC:** Before any SCC is produced at a concrete plant and used at construction site the mix has to be designed and tested, During this evaluation the equipment and the local Materials used at the plants have to be tested to find new concrete mixes with the right mixing sequences and mixing times valid for that plant and material used and also suitable for the element to be cast, Various kinds of fillers can result in different strength, shrinkage and creep but shrinkage and creep will usually not be higher than for traditional vibrated concrete. A flow-chart describing the procedure for design of SCC mix is shown in Figure below:

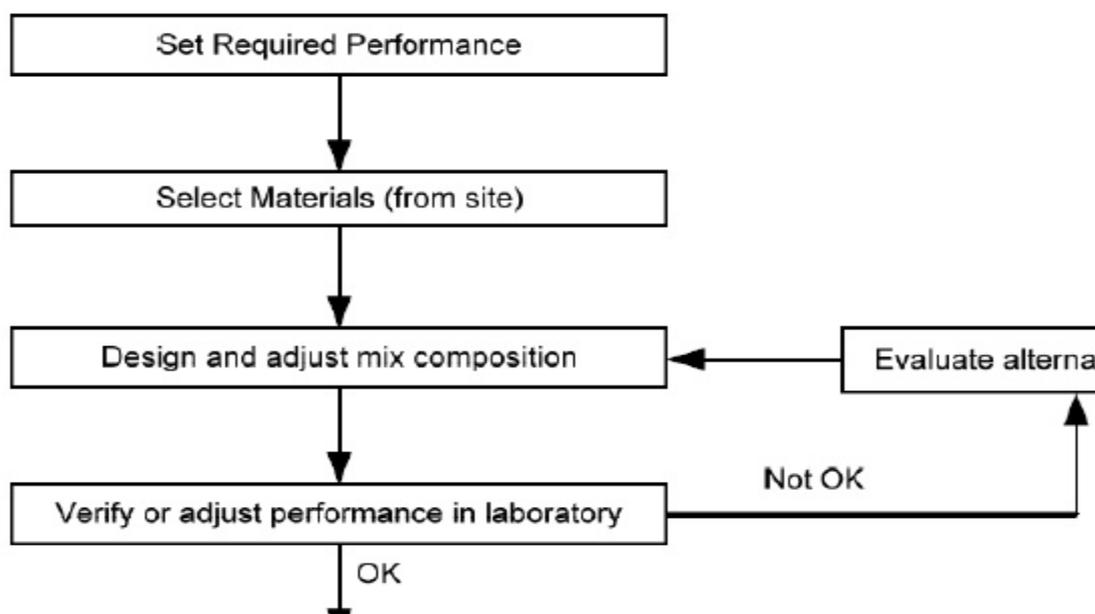


Figure : SCC mix design procedure

**Casting on site:** It is divided into 4 following sections:

**1-Planning:** The process of casting SCC can be mechanized to a great extent. Increased productivity, lower cost and improved working environment is achieved. A minimum of manual interaction in the process is however necessary. Based on formwork configuration, reinforcement, temperature, casting equipment, casting speed etc., the persons in charge of the concrete supply and the form filling respectively have to plan and jointly agree on SCC workability data, including accuracy, open time, casting speed etc. In more complex industrialized casting operations, the planning of flow of concrete can be computer modeled in order to optimize the rheological material data to the specific formwork, the reinforcement configuration and the sequence and methods of casting. The planning also includes agreement on the quality assurance procedure, test methods, frequency of test as well as of actions taken as results of tests. The planning should also address the corrections of the mix that might be done at the casting site through extra dosage of plasticizer. Even if there will always be options of buying SCC off the shelf as standard products, the strongest benefits and highest profits will come from optimizing the fresh concrete as an integral approach in an industrialized process designed for the specific situation at hand. Even if there is a significant reduction in the needed skill for the actual casting when SCC is applied, the need for skills in planning, preparation and quality assurance is raised.

**2-Filling of Formwork:** SCC is a liquid suspension following the rules of fluid mechanics while vibrated concrete is a granular mass requiring vibration to be compacted. SCC is well suited for pumping and can be fed through valves under pressure into vertical formwork. This technique is frequently used when casting complex enclosed volumes where release from above is not possible or no limited entrance to the interior of the form work is possible, nor vibrating it by hand tools. Pumping SCC into the form work from underneath has proven to be beneficial when high demands of aesthetics are of importance. The problem with pores and pot-holes also tends to be less when the concrete has been fed from underneath through valves. Experience from pressurized castings of 30+ vertical meters exists from practice. If the pipe-based feeding system used includes furcating, the concrete flow chooses the easiest way through the piping system. This may result in parts of the concrete not moving, thereby preventing the concrete to fill the form work uniform and symmetrically. Vertical formwork can also be cast by dropping from above using pumps or crane skips. Experience from dropping heights of 8 meters exists but 1-3 meters will be more common. Flat and shallow formwork such as slab and decks are most often filled from above even if in certain situations. E.g. in industrial production, casting through valves by pumping might be an attractive option. For flat and shallow structures the dropping height is about 0.5-0.8 meters. High dropping heights require a stable mix to counteract the risk of segregation and damage of the air pore system.

**3-Finishing:** Finishing operations can be more difficult for SCC due to the thixotropy, sometimes sticky behavior. The absence of bleeding makes it even more difficult and the finishing operations should be related to the setting time of the mix in actual conditions. The characteristics of the SCC mix, and the skill and timing of the finishers during placement affect the quality of the surface of slab cast. The general experience seems to be that conventional tools and ways to finish the upper surface can be used working with SCC but sometimes finishing tools with other surface materials are used. It is wise to expect this operation to take a little longer in comparison with the finishing of conventional vibrated concrete.

**4- Curing:** SCC mixes are characterized by a moderate to higher amount of fines in the formulation, including various combinations of powders such as Portland cement, limestone filler, fly-ash or ground granulated blast furnace slag. Thus, there might be very little or no bleeding and the concrete will sometimes be more sensitive to plastic shrinkage cracking. The tendency of plastic shrinkage increases with the increase in the volume of fines. This situation is sometimes more complicated if the setting time is delayed because of the admixture effect, and the concrete remains many hours in the fresh state. Curing to counteract longer term shrinkage is to be handled like what is done for vibrated concrete. It should be observed that due to a lower permeability of SCC, the drying rate and following from that also the shrinkage rate might be slower.

**Conclusions:** Self Compacting Concrete has become an industrial product. It is mass produced in a reliable way using components that, although may vary from place to place, are usually available. Performances in real applications are as good as expected in terms of compressive strength, homogeneity and filling capacity. Pouring SCC needs minor changes in building sites, while gives engineers a largely higher confidence of material performance in the structure. Perfect representativity of specimens help evaluating the final result of the construction process. Further developments are going on, showing good flexibility of SCC to be tailored to suit different needs and to enhance his performances.

#### Литература

1. Озава К., Куништма, М., Маекава, К. and Озава, К. : Разработка высокопроизводительного бетона на основе прочности конструкций бетонных конструкций, материалы второй конференции по строительной технике и строительству в Восточной Азии и Тихоокеанском регионе (EASEC -2), Vol. 1, pp. 445-450, январь 1989 г.
2. Кодама, Ю. Современное состояние самоуплотняющегося бетона, цементный симбун, № 2304, декабрь 1997 г.
3. Озава К. и Оуши М.: Труды Международного семинара по самоуплотняющему бетону, Кочи, март 1999 года.
4. Okamura H и OZAWA, K. : Mix-design для самоуплотняющегося бетона, библиотеки бетона, АОЕ, № 25, стр.107-120, июнь 1995 года.
5. Walraven J, Структурные аспекты самоуплотняющегося бетона. Материалы 3-го Международного симпозиума RILEM. Август 2003 года, Рейкьявик.
6. Джо Насвик, «Азбука ГТК», «Бетонные конструкции», январь 2002 года.66
7. Камаль Х. Хаят и Джозеф Ассаад, «Устойчивость воздуха к пустоте в самосогласованном бетоне», журнал ACI Materials, июль-август 2002 года.
8. Аарон .w саак, Хамлин М. ДЖентнгс и Суренда Р1 Шах, «Новая методология проектирования самоуплотняющегося бетона», ACI Materials Journal, v.98 no. 6 ноября ноября 2001 года.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Колчеданцев Л. М., Дроздов А. Д., Осипенкова И. Г., Ступакова О. Г.</i> Петербургская школа поточной организации.....	3
<i>Бовтеев С. В.</i> Расчет потоков с непрерывным использованием ресурсов методом критического пути.....	7
<i>Челнокова В. М.</i> Организация комплексной застройки населенных мест.....	11
<i>Александрова В. Ф., Бахтинова Ч. О.</i> Расчет и формирование бригад при календарном планировании поточной организации строительства.....	16
<i>Васин А. П., Красноперова Н. Ю.</i> Вариантное проектирование строительных процессов на примере строительства здания железнодорожного вокзала в г. Глазове.....	21
<i>Цыганкова М. А.</i> Практическое применение параллельно-поточной организации работ при устройстве мелкозаглубленных ленточно-оболочечных фундаментов.....	24
<i>Хейдуюцкий З., Рогальска М.</i> Планирование строительных процессов с использованием методов искусственного интеллекта.....	30
<i>Давыдова К. А., Нефедова В. К.</i> Факторы влияющие на сроки строительства.....	34
<i>Кислов Я. А.</i> Имитация календарного планирования в BIM-технологии проектирования для динамической оценки качества проекта.....	37
<i>Преснова Ю. В.</i> Рекомендации по номенклатуре и составу строительных процессов реконструкции зданий общеобразовательных учреждений, построенных по проектам 1960–1980-х годов в Санкт-Петербурге.....	40
<i>Шарафутдинова Р. Р., Нефедова В. К.</i> Разработка организационно-технической документации.....	44
<i>Скупинь Э.</i> Использование метода временных сочетаний (ТСМ) для расчета пропускной способности внутреннего водного пути.....	47
<i>Сендрева А. И., Бахтинова Ч. О.</i> Формирование организационных структур строительных организаций в России.....	50
<i>Колесник А. С., Лавриненко А. С., Бахтинова Ч. О.</i> Анализ реставрационных работ по сохранению объектов культурного наследия в г. Санкт-Петербург.....	55
<i>Репелев А. И., Нефедова В. К.</i> Проблемы монолитного строительства и пути их решения.....	59
<i>Алексеев В., Нефедова В. К.</i> Проблемы реконструкции панельных жилых домов типовой застройки XX века.....	62
<i>Колчеданцев Л. М., Ступакова О. Г.</i> Расчет кинетики нарастания прочности бетона при его выдерживании по способу термоса.....	65
<i>Колчеданцев Л. М., Царенко А. А.</i> Расширение границ применимости способа термоса.....	70
<i>Горошко Е. М., Нефедова В. К.</i> Российский рынок автоклавного газобетона.....	73
<i>Динер Е. А.</i> Обоснование надежности несъемной опалубки из пенополистирола при возведении зданий.....	76
<i>Дроздова И. О., Нефедова В. К.</i> Функции строительного контроля.....	81
<i>Филатова Т. С.</i> Анализ проблем развития строительства малоэтажных деревянных каркасных домов.....	84
<i>Щуклинов С. П., Нефедова В. К.</i> Технология Jet-grouting – современный метод строительства на слабых грунтах.....	88
<i>Юмагулов В. В., Нефедова В. К.</i> Проблемы высотного строительства на этапе проектирования и строительства, и современные принципы их размещения на сложившейся городской застройке Санкт-Петербурга.....	92
<i>Моркович А. Р.</i> Рыночные методы ценообразования в строительстве.....	95
<i>Гибадуллина Г., Нефедова В. К.</i> Проблемы современного земельного кадастра в России.....	98
<i>Хошина Ю.</i> Самоуплотняющийся бетон.....	100

Научное издание

**ПЕТЕРБУРГСКАЯ ШКОЛА ПОТОЧНОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

I Всероссийская научно-практическая конференция,  
посвященная 95-летию со дня рождения профессора  
Виктора Алексеевича Афанасьева

19–20 февраля 2018 года

Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 12.02.2018. Формат 60×84 1/8. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 13,5. Тираж 70 экз. Заказ 11. «С» 7.

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**

**ДЛЯ ЗАПИСЕЙ**