**Сандан, Руслан Николаевич. Совершенствование методов календарного планирования строительно-монтажных работ на уровне простых технологических процессов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.08 / Сандан Руслан Николаевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Санкт-Петербург, 2011.- 201 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/686**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО­СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

04201254372 **САНДАН Руслан Николаевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ НА УРОВНЕ ПРОСТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Специальность 05.23.08 - Технология и организация строительства

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель к.т.н., доцент **М.М. Калюжнюк**

Санкт-Петербург - 2011

**Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ 4

**ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ И РАЗРАБОТКАМ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 11**

1. История развития моделей и методов организации строительно­монтажных работ 11
2. Обзор методов определения состава исполнителей СМР с учетом разбивки общих фронтов на частные, изучение связей между работами 18
3. Изучение методов определения состава исполнителей СМР 18
4. [Изучение методов разбивки общих фронтов работ на частные в календарном планировании СМР 23](#bookmark4)
5. [Изучение связей между работами в календарном планировании СМР 27](#bookmark5)
6. [Обзор методов календарного планирования строительства объектов. Выбор темы и постановка задач исследования 31](#bookmark6)

[Выводы по первой главе 41](#bookmark9)

**ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОДЕЛЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННО­ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОВ ВОЗВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ 43**

1. Изучение влияния специфических особенностей строительной продукции и процессов ее производства на календарное планирование СМР 43
2. [Формирование моделей пространственно-технологической структуры процессов возведения объектов 49](#bookmark10)
3. [Декомпозиция общих фронтов простых технологических процессов на фронты-модули 56](#bookmark11)
4. [Исследование связей между фронтами-модулями простых технологических процессов 63](#bookmark13)

[Выводы по второй главе 71](#bookmark15)

ГЛАВА 3. СОВЕРШЕНСТОВАНИЕ МЕТОДОВ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СМР НА УРОВНЕ ПРОСТЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ 72

1. Постановка задачи разработки алгоритма проектирования расписаний СМР на уровне простых технологических процессов 72
2. [Разработка метода и алгоритма календарного планирования СМР детализированных до простых технологических процессов 74](#bookmark16)
3. [Изучение возможностей применения алгоритма при подборе рациональных составов бригад из ресурсов-модулей, владеющих смежными специальностями 87](#bookmark22)

Выводы по третьей главе 99

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ 100

1. Применение предлагаемых модели и методов календарного планирования СМР на конкретном проекте 100
2. Выбор объекта. Сбор исходных данных, характеризующих процесс возведения объекта 100
3. Хронометражные наблюдения простых технологических процессов 102
4. Построение модели пространственно-технологической структуры процесса возведения поликлиники и разработка календарного плана 109
5. [Оценка организационно-экономической эффективности практического применения результатов исследования 117](#bookmark29)

Выводы по четвертой главе 122

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 124](#bookmark31)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 126

ПРИЛОЖЕНИЯ 140

Приложение А. Организационно-технологические характеристики простых технологических процессов возведения поликлиники 141

Приложение Б. Результаты хронометражных видеонаблюдений процессов устройства несущих железобетонных конструкций 152

Приложение В. Рекомендации по разработке и применению в программах управления проектами календарных планов возведения объектов детализированных до простых технологических процессов 161

Приложение Г. Документы, подтверждающие внедрение результатов исследования 194

**Введение**

*Актуальность темы исследования*. Как указано в справочнике критиче­ских технологий и перспективных направлений науки и техники РФ, одним из перспективных направлений является «Разработка и внедрение типовых фор­мализованных электронных моделей, обеспечивающих анализ и реинжиниринг производственно-технологических процессов». Формализованные электронные модели требуют своего применения и в строительстве для анализа, проектиро­вания и реинжиниринга строительных процессов. Для разработки таких элек­тронных моделей должны быть использованы организационно-технологические модели возведения объектов в форме детализированных календарных планов, поддающихся оперативному вариантному регулированию. Применение суще­ствующих моделей календарного планирования строительно-монтажных работ в качестве исходных для разработки формализованных электронных моделей затрудняется вследствие того, что в них отсутствует процедура формализован­ного однозначного определения границ рабочих мест (фронтов работ) трудовых и/или технических ресурсов на уровне простых технологических процессов (ПТП), недостаточно изучены виды и характер связей между работами испол­нителей на фронтах каждого ПТП и их влияние на размеры и количество фрон­тов работ, выделяемых из общего фронта работ ПТП, в недостаточной степени отражены специфические особенности строительной продукции и процессов ее производства. На этих моделях затрудняется рациональное распределение ре­сурсов по фронтам с учетом параллельно-поточной организации работ, чем и объясняется в большинстве случаев несвоевременность ввода объектов в экс­плуатацию.

Постоянное увеличение объемов строительной продукции и, в первую очередь, объемов ввода жилья, как одной из приоритетных направлений соци­ально-экономического развития страны, требует совершенствования сущест­вующих моделей и методов календарного планирования в строительстве, раз­работки и применения формализованных методов проектирования расписаний

работ, учитывающих эффективное использование трудовых, технических и временных ресурсов и тем самым подтверждает актуальность выбранной темы исследования.

***Степень разработанности проблемы.*** Исследованиями вопросов орга­низационно-технологического моделирования и календарного планирования строительно-монтажных работ занимались многие отечественные и зарубежные исследователи. Среди них следует отметить работы О.А. Вутке, А.А. Гармаша, В.И. Батурина, А.В. Барановского, М.С. Будникова, П.И. Недавнего, А.М. Клиндуха, Г.К. Лубенца, В.А. Афанасьева, Д.И. Голенко, А.А. Гусакова, В.З. Величкина, В.И. Воропаева, Л.Г. Голуба, Н.А. Мамед-Заде, С.А. Болотина, Л.С. Андреева, М.М. Калюжнюка, В.Г. Драпеко, Е.А. Драчева, Т.Ф. Морозовой, И.Е. Румянцевой, И.С. Сабирова, Фр. Б. Гильберта, Дж. Келли, М. Уолкера, А. Коффмана, Р. Беллмана и многих других, а также труды научно­исследовательских институтов - ЦНИИОМТП, НИИОУС, ВНИПИ труда в строительстве, ЦНИПИАСС и строительных вузов ЛИСИ (СПбГАСУ), МИСИ (МГСУ), КИСИ и др.

***Целью диссертационной работы*** является совершенствование моделей и методов календарного планирования параллельно-поточной организации строительно-монтажных работ на уровне простых технологических процессов, обеспечивающего повышение надежности и достоверности календарного пла­нирования и, как следствие, организационной эффективности производства ра­бот.

В диссертации была выдвинута ***гипотеза*** о том, что детализация моделей и методов календарного планирования СМР до уровня простых технологиче­ских процессов должна способствовать устранению недостатков современного календарного планирования и оперативно-производственного управления воз­ведением объектов и достижению поставленной цели.

***Для достижения цели исследования были поставлены следующие за­дачи:***

1. Анализ и обобщение опыта календарного планирования СМР с учетом степени детализации работ, возможности применения методов параллельно­поточной организации работ их исполнителей, сохранения границ фронтов ра­бот при изменении численности трудовых и технических ресурсов.
2. Изучение и систематизация специфических особенностей строительной продукции и процессов ее производства с точки зрения их учета в моделях ка­лендарного планирования СМР.
3. Изучение и разработка методов определения количества, размеров и кон­фигурации рабочих мест трудовых и/или технических ресурсов в ПТП из усло­вия сохранения их границ при вариантном проектировании параллельно­поточной организации работ.
4. Исследование связей между работами трудовых и технических ресурсов на фронтах внутри одного ПТП и смежных ПТП, а также их учета при опреде­лении ограничений на параллельно-поточную организацию работ в календар­ных планах.
5. Исследование и разработка методов проектирования расписаний работы ресурсов в ПТП, определения и обоснования их численного состава.
6. Оценка достоверности выбранной для исследования модели пространст­венно-технологической структуры (ПТС) процесса возведения объекта реаль­ным производственным условиям и определение организационно­экономической эффективности применения результатов исследования в кален­дарном планировании СМР.

***Предметом исследования*** служили модели, методы и алгоритмы кален­дарного планирования СМР, используемые при возведении объектов.

***Объектом исследования*** является организационно-технологическая до­кументация на производство СМР, в частности, объектные календарные планы, организационно-технологические схемы и технологические карты.

***Методологической и теоретической основой исследований являются***

разработанные отечественными и зарубежными учеными теоретические поло­жения и методы поточной организации СМР, модели и методы сетевого плани­рования и управления и теории расписаний.

***Достоверность научных результатов,*** полученных в диссертации, под­тверждается их практической реализацией при разработке реальных календар­ных графиков в составе ПОС и 111 IP на отдельные объекты, в том числе техно­логических карт и организационно-технологических схем на комплексы ПТП и оценена путем сравнения полученных в диссертации результатов с результата­ми фактического производства СМР при возведении реального объекта одной из строительных организаций Санкт-Петербурга.

***Методы исследования.*** При решении поставленных задач применялись методы общей теории систем, теории поточной организации работ, сетевого планирования и управления, эвристические методы теории расписаний и гра­фоаналитические методы.

***Информационную базу исследования составили*** литературные и иные ис­точники информации, содержащие сведения об объекте и предмете исследования, законодательные и нормативные акты органов власти РФ, касающиеся исследуе­мой тематики, а также рабочие материалы, предоставленные некоторыми строи­тельными организациями Санкт-Петербурга.

***Области исследования*** диссертационной работы соответствуют пунктам Паспорта специальности ВАК 05.23.08 - Технология и организация строительства: теоретические и экспериментальные исследования эффективности технологических процессов, выявление общих закономерностей путем моделирования и оптимиза­ции организационно-технологических решений (п. 4); разработка новых и совер­шенствование существующих методов организационно-технологического проекти­рования (п. 8).

***На защиту выносятся следующие научные результаты исследований:***

1. Материалы анализа и обобщения опыта календарного планирования СМР с выявлением степени детализации календарных планов и сохранения их ус­тойчивости при вариантном проектировании параллельно-поточной организа­ции работ. Выбор и обоснование модели ПТС процесса возведения объекта для исследования, совершенствования и применения в современном календарном планировании.
2. Результаты изучения, систематизации и учета специфических особенно­стей строительной продукции и процессов ее производства в моделях кален­дарного планирования, сформулированные в требованиях к формированию мо­делей ПТС процессов возведения объектов.
3. Методика декомпозиции общего фронта работ ПТП на фронты-модули, включающая логическую формулу для определения их размеров, конфигураций в привязке к осям и высотным отметкам объекта.
4. Результаты исследования связей между фронтами-модулями ПТП и их учета при определении ограничений на параллельно-поточную организацию работ. Выявление новых видов связей и обоснование необходимости их ис­пользования в моделях ПТС процессов возведения объектов.
5. Алгоритм вариантного выбора числа исполнителей в каждом ПТП и рас­писаний их работы с учетом приоритетов ПТП. Результаты применения алго­ритма для формирования состава специализированных и комплексных бригад.
6. Результаты изучения адекватности модели ПТС процесса возведения объекта реальным производственным условиям и определения организационно­экономической эффективности применения полученных разработок.

*Научная новизна работы* состоит в следующем.

1. Изучены и систематизированы специфические особенности строительной продукции и процессов ее производства с точки зрения необходимости их учета в моделях календарного планирования, определены и сформулированы требо­вания к формированию моделей ПТС процессов возведения объектов.
2. Предложена методика декомпозиции общего фронта работ каждого ПТП на фронты-модули, включающая определение их количества, размеров и кон­фигурации в привязке к осям и высотным отметкам объекта. Методика разра­ботана исходя из условий допустимости одновременной работы максимального

количества ресурсов-модулей на фронтах-модулях, а также наискорейшей пе­редачи фронтов работ последующим процессам.

1. Изучены связи между работами в существующих организационно­технологических моделях. Установлено, что с их помощью невозможно учесть все специфические особенности производства работ на объекте. Выявлены но­вые виды связей, необходимых для разработки моделей ПТС процессов возве­дения объектов, предложена их классификационная схема.
2. Разработан алгоритм вариантного проектирования расписаний работы исполнителей в каждом ПТП. В нем учтены приоритеты ПТП, определяющие возможность назначения меньшего количества исполнителей на ПТП с более высоким приоритетом. С помощью алгоритма для каждого объекта оказывается возможным формировать наиболее рациональные составы специализированных и/или комплексных бригад, а также размеры фронтов работ, отводимых для их работы.
3. С помощью разработанного алгоритма подтверждена закономерность по­вышения равномерности загрузки трудовых и технических ресурсов, сокраще­ния простоев при передаче фронтов работ смежным ПТП, а также простоев в работе ресурсов внутри ПТП в случае, когда рабочие отдельных ПТП обучены смежным специальностям. Намечена методика оценки наиболее востребован­ных смежных специальностей и сокращения количества ресурсов-модулей в комплексных бригадах.

*Практическая значимость работы.* По результатам исследования раз­работан методический документ «Рекомендации по разработке и применению в программах управления проектами календарных планов возведения объектов детализированных до простых технологических процессов», использование ко­торого позволяет повысить надежность, достоверность и эффективность кален­дарных планов в составе ПОС и ПНР, а также оперативно-производственных планов организаций, выполняющих строительно-монтажные работы. Результа­ты работы в дальнейшем могут быть использованы для разработки формализо­ванных электронных моделей календарного планирования СМР, включаемых в состав автоматизированных систем планирования и управления строительными организациями (в зарубежном варианте - систем ERP).

*Апробация работы и публикации.* Материалы диссертационной работы и основные результаты исследований доложены и обсуждены на 61-64-й научно­технических конференциях молодых ученых (СПбГАСУ, 2008-2011 г.г.), на 67-й и 68-й научных конференциях профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов Санкт-Петербургского государственного архитектурно­строительного университета (СПбГАСУ, 2010, 2011 г.г.). В 2010 г. по теме дис­сертации был выигран грант Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга в конкурсе среди студентов, аспирантов и молодых ученых, подготовлен и сдан отчет о НИР (приложение Г).

По тематике диссертационного исследования опубликовано 8 печатных работ, в том числе 2 из них в журнале из перечня изданий, рецензируемых ВАК.

*Структура и объем диссертации.* Диссертация изложена на 139 страни­цах основного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 137 наименования и приложений. В работе представлено 23 рисунка и 10 таблиц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из анализа литературных источников выявлено, что большинство из существующих моделей и методов календарного планирования вследствие не­достаточной детализации строительных процессов, недостаточного учета спе­цифических особенностей строительства, а также при изменении численности, занятых на строительстве объекта трудовых и/или технических ресурсов стано­вятся малопригодными для использования в оперативно-производственном управлении. Исключение составляют предложенные вначале 1990-х г.г. органи­зационно-технологические модели, из которых выделяются модели простран­ственно-технологической структуры процессов возведения объектов, а затем на их основе строятся функциональные модели этих процессов.
2. До настоящего времени выявленные организационно-технологические модели с разделяемыми структурными и функциональными частями не нашли широкого применения в практике строительства. В диссертации выявлены при­чины, затрудняющие применение этих моделей и необходимость дополнитель­ных их исследований в части:
* учета специфических особенностей строительной продукции и процессов ее производства;
* определения количества, размеров и конфигурации фронтов работ (фронтов- модулей) трудовых и/или технических ресурсов (ресурсов-модулей);
* системного изучения вида и характера связей между работами-модулями ПТП, их детализации и специфики их учета в модели ПТС процесса возве­дения объекта;
* разработки алгоритмов проектирования вариантов расписаний ресурсов- модулей каждого ПТП в зависимости от приоритетов последних.
1. Проведенные исследования специфических особенностей строительной продукции и процессов ее производства позволили сформулировать требования к формированию моделей пространственно-технологической структуры про­цессов возведения объектов.
2. Разработанная методика декомпозиции общего фронта работ простых технологических процессов на фронты-модули и определения их количества, размеров и конфигурации дает возможность планирования и регулирования па­раллельно-поточной организации работ трудовых и/или технических ресурсов (ресурсов-модулей) на выделяемых им фронтах-модулях.
3. Выявленные виды связей и предложенная их классификационная схема позволяют из фронтов-модулей каждого простого технологического процесса сформировать модель пространственно-технологической структуры процессов возведения объекта. Выявленные виды частично детерминированных связей при применении их в моделях ПТС процессов возведения объектов обеспечи­вают учет в этих моделях ограничений на производство работ для каждого ПТП при возведении объекта. Результаты исследований фронтов-модулей ПТП и связей между ними обеспечивает повышение адекватности модели ПТС про­цесса возведения объекта реальным производственным условиям.
4. Разработанный алгоритм определения количества ресурсов-модулей и расписаний их работы на фронтах-модулях, используемый в функциональной модели процесса возведения объекта позволяет определять минимально необ­ходимое количество ресурсов-модулей и на их основе формировать рациональ­ные составы специализированных и комплексных бригад и размеры отводимых им фронтов работ на каждом объекте.
5. Оценка организационно-экономической эффективности подтверждает экономическую целесообразность применения изученной организационно­технологической модели с разделяемыми структурной и функциональной час­тями. Использование этой модели в календарном планировании и оперативно­производственном управлении возведением объектов позволяет сокращать сро­ки ввода их в эксплуатацию и минимизировать количество трудовых и/или тех­нических ресурсов по отдельным видам работ и по объекту в целом.
6. Результаты, полученные в диссертационной работе, в дальнейшем мо­гут быть использованы при разработке формализованных электронных моделей в автоматизированном календарном планировании СМР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 30 декабря 2009 года N 384-ФЭ «Техниче­ский регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. Приоритетные направления развития науки, технологий и техники и перечень критических технологий Российской Федерации / Утверждены пре­зидентом Российской Федерации 21 мая 2006 г. Пр-843.
3. Распоряжение правительства РФ от 21 июня 2010 года N 1047-р «Перечень национальных стандартов и сводов правил».
4. **Аббасов, А.Х.** Стандартизация технологических процессов в строи­тельстве. / А. X. Аббасов. - Баку, 1982. - 46 с.: ил.
5. **Абдуллаев, И.Н.** Обеспечение качества строительно­технологических процессов, Ташкент. Изд-во «Фан» УзССР, 1984. - 80 с.
6. **Авдеев, Ю.А.** Выработка и анализ плановых решений в сложных проектах / Ю.А. Авдеев. - М.: Экономика, 1971. - 112 с.
7. **Адамецки,** К. О науке организации (Избранные произведения) / К. Адамецки. - Перевод с польского. М.: Экономика, 1972. - 191 с.
8. **Алексеев, А.А.** Технология и организация сельского строительства: учебник для вузов / А. А. Алексеев. - М.: Стройиздат, 1983. - 434 с., ил.
9. **Андреев,** Л.С. Методы оптимизации организационно-технических решений при разработке стройбизнес-плана военно-строительных подрядных организаций: дис. ... д-ра техн. наук. - СПб.: ВИТУ, 2003
10. **Андреев,** Л.С. Пути совершенствования внутрифирменного плани­рования в строительстве на современном этапе /Л.С. Андреев, А.И. Федоров // Вестник гражданских инженеров. - 2006. №3(8). - с. 94-101.
11. **Андросова, И.А.** Совершенствование организации строительства сельскохозяйственных зданий производственного назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / И.А. Андросова. - Л. ЛИСИ, 1990. - 276 с.
12. **Атаев, С.С.** Технология строительного производства: Учебник для вузов / С. С.Атаев, Н. Н.Данилов, Б. В.Прыкин и др. - М.: Стройиздат, 1984. - 559 с., ил.
13. **Афанасьев, В.А.** Алгоритмы формирования, расчета и оптимиза­ции методов организации работ / В. А. Афанасьев. - JL: ЛИСИ, 1980. - 96 с.
14. **Афанасьев, В.А.** Связи между работами и методы организации ра­бот / В. А. Афанасьев // Организация, планирование и управление строительст­вом. - Л.: ЛИСИ, 1981.-с. 9-15.
15. **Афанасьев, В.А.** Поточная организация строительства / В. А. Афа­насьев. - Л.: Стройиздат. ЛО, 1990. - 292 с.
16. **Ахъюджа, X.** Сетевые методы управления в проектировании и про­изводстве / X. Ахъюджа. - пер. с англ. - М.: Мир, 1979. - 638 с.
17. **Балова,** Е.Ф. Нормирование труда рабочих в строительстве / Е.Ф. Балова, Р.С. Бакерман и др.; Под ред. Е.Ф. Баловой. - М. Стройиздат, 1985. - 440 с., ил. - В надзаг.: Госстрой СССР. ВНИПИ труда в строительстве.
18. **Барановский, А.В.** Организация и планирование строительного производства / А. В. Барановский. - М., Стройиздат. - 1948. - 364 с.
19. **Баркалов, С.А.** Управление персоналом, владеющим смежными профессиями / С.А. Баркалов, А.Е. Бережецкая, И.В. Федорова // Вестник ВГА- СУ, 2009, Том 5, №3. - с. 161-163.
20. **Батурин, В.И.** Поточность в строительном производстве / В. И. Ба­турин. - М.: Госиздат стр. литературы, 1941. - 179 с.
21. **Болотин, С.А.** Рационализация методов расчета потоков с непре­рывным использованием ресурсов и формы их представления в виде календар­ных графиков / С.А. Болотин, Ю.П. Кучанов // Организация, планирование и управление строительством: межвуз. темат. сб. трудов. - Л.: ЛИСИ. - 1983. - с. 29-35.
22. **Болотин, С.А.** Методология оптимального ресурсораспределения в календарном планировании строительства объектов и их комплексов: дис. ... д- ра техн. наук: 05.23.08 / С.А. Болотин. - СПб., 1998. - 348с.