

## Организация поточной застройки кварталов объектами соцкультбыта Organization of quarters' line building by social, cultural and communal facilities

**к.т.н., доцент Морозова Татьяна Федоровна**

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*  
+7 (921) 789 2937; *t.f.morozova@yandex.ru*  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Ph. D, Associate Professor Tatiana Fedorovna Morozova**

*Saint-Petersburg State Polytechnical University*  
+7 (921) 789 2937; *t.f.morozova@yandex.ru*  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**магистрант Боковая Наталия Николаевна**

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*  
+7 (903) 099 0632; *bokovaya@list.ru*  
Санкт-Петербург  
Российская Федерация

**Graduate Student Natalya Nikolaevna Bokovaya**

*Saint-Petersburg State Polytechnical University*  
+7 (903) 099 0632; *bokovaya@list.ru*  
Saint-Petersburg  
Russian Federation

**магистрант Ся Цзямин**

*ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*  
*xiajiaming@mail.ru*  
Пекин  
Китай

**Graduate Student Xia Jiaming**

*Saint-Petersburg State Polytechnical University*  
*xiajiaming@mail.ru*  
Beijing  
China

**Ключевые слова:** календарное планирование, инвестиционно-строительный проект, строительный генеральный план, риск, ресурсный график, оптимизация, выравнивание ресурсов, случайное число, пиковые нагрузки, эвристический, алгоритм.

В работе проведен анализ общих тенденций поточной застройки кварталов предприятиями культурно-бытового и коммунального назначения. Определены принципы формирования структуры комплексных потоков строительства таких предприятий. Предложена методика формирования, расчета и оптимизации вариантов поточной организации строительства предприятий культурно-бытового и коммунального назначения квартальной застройки и эвристический алгоритм снижения пиковых нагрузок в графике движения рабочих. Методика учитывает режим диалога и возможности программы MS Project. Представлена технико-экономическая оценка предложенных оптимизационных решений квартальной застройки.

**Key words:** scheduling, investment and construction project, general lay-out, risk, resource schedule, optimization, resource leveling, random number, peak load, heuristic algorithm.

The analysis of general trends in quarters' line building of companies including social and cultural facilities is presented in this article. Furthermore, principles of structure's formation in building of such companies are defined. The method of formation, calculation and optimization of quarters' line building types is offered. Also, heuristic algorithm of peak loads' reduction is presented in schedule of workers. In addition, the method includes interactive mode and MS Project's opportunities. The technical and economic estimation.

Одной из важнейших социальных задач является обеспечение каждой семьи отдельной квартирой или индивидуальным домом и созданием полноценной жилой среды, обеспечивающей рациональную организацию быта и отдыха жителей, возможности их духовного и физического развития и условий для воспитания детей. Основной предпосылкой формирования такой среды является комплексность застройки, т.е. соблюдение научно-обоснованных соотношений между объемами и сроками строительства жилых домов и объектов образования, здравоохранения, культурно-бытового и коммунального назначения. При этом строительство объектов социального назначения должно осуществляться в увязке со сроками строительства жилых домов квартала.

Основными нормативными документами, на основании которых осуществляется проектирование и застройка кварталов являются следующие документы:

- СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*;
- Urban development. Urban and rural planning and development;
- Конституция Российской Федерации [1, 2];
- Земельный кодекс Российской Федерации [12];
- Градостроительный кодекс Российской Федерации [3].

Задачи комплексной застройки городов ставились и решались ранее [5, 6, 18]. Так в 1982 году вышло «Положение о градостроительном комплексе», которое нацеливало всех участников строительства на достижение конечного результата – комплексно застроенные жилые районы.

В современных условиях к комплексной застройке кварталов предъявляются аналогичные требования. Одним из основных документов регламентирующих организацию строительства является проект организации строительства (ПОС).

Принципы формирования структуры комплексных потоков застройки квартала объектами культурно-бытового и коммунального назначения при разработке ПОС рассматривались в работах [5, 6, 18]. Основные положения принципов с учетом современных тенденций застройки кварталов следующие.

При формировании структуры комплексных потоков застройки квартала объектами культурно-бытового и коммунального назначения должно быть учтено следующее:

Продолжительность строительства объектов должна определяться нормами продолжительности строительства СНиП 1.04.03-85 и требуемый уровень комплексности застройки должен быть в соответствии с нормативами обслуживания населения.

Возведение зданий культурно-бытового назначения должно быть сгруппировано по признакам технологической и конструктивной однородности. Вне потока рекомендуется выполнять работы по подготовке территории, благоустройству, озеленению и строительству малых архитектурных форм в увязке с общими сроками застройки.

Общий ритм поточного строительства, число параллельных потоков и их интенсивность следует определять исходя из нормативной продолжительности застройки квартала.

Количество объектных потоков технологически однородной группы зданий определяется из условия нормативной продолжительности строительства каждого объекта.

Структура объектных потоков формируется в первую очередь на территориально объединенных объектах, а во вторую очередь объекты подбираются таким образом, чтобы суммарное отклонение расчетной продолжительности ввода объектов от нормативной было бы минимальным.

Анализ разработок [5, 6, 10 - 12, 18] показал, что некоторые вопросы, связанные с совершенствованием методики формирования расписаний и расчетов параметров работ с учетом ограничения по ресурсам при разработке ПОС застройки квартала объектами соцкультбыта, в настоящее время окончательно не решены и являются актуальными.

Авторами предлагается методика формирования и расчета поточной организации работ с учетом комплексной застройки квартала объектами соцкультбыта, с оптимизацией ресурсных пиков и учетом нормативных сроков строительства объектов.

Рассмотрим основные положения методики на примере застройки квартала №15 на юго-западе Санкт – Петербурга.

Строительство квартала (Санкт-Петербург, ул. Маршала Казакова, Ленинский пр. Брестский пр. и пр. Кузнецова) является составной частью работ по обеспечению населения доступным жильем. Микрорайон располагается в южной части Санкт-Петербурга.

Проекты объектов социально-культурного обслуживания со встроенно-пристроенными помещениями и автостоянкой выполнены в соответствии с требованиями действующих норм и правил.

Принятые объемно-планировочные решения соответствуют функциональному назначению здания. Объекты социально-культурного обслуживания имеют 5 этажей (самая высокая часть).

Проектом предусмотрено функциональное зонирование территории с размещением спортивных площадок, площадок для пассивного отдыха необходимых по нормам.

Площадь застройки включает: поликлиники и аптека. Общая площадь 16725 м<sup>2</sup>; бассейны, общая площадь 8500 м<sup>2</sup>; школы, общая площадь 12980 м<sup>2</sup>; гараж-стоянка на 400 машин, общая площадь 37 000 м<sup>2</sup>. План квартала представлен на рисунке 1.

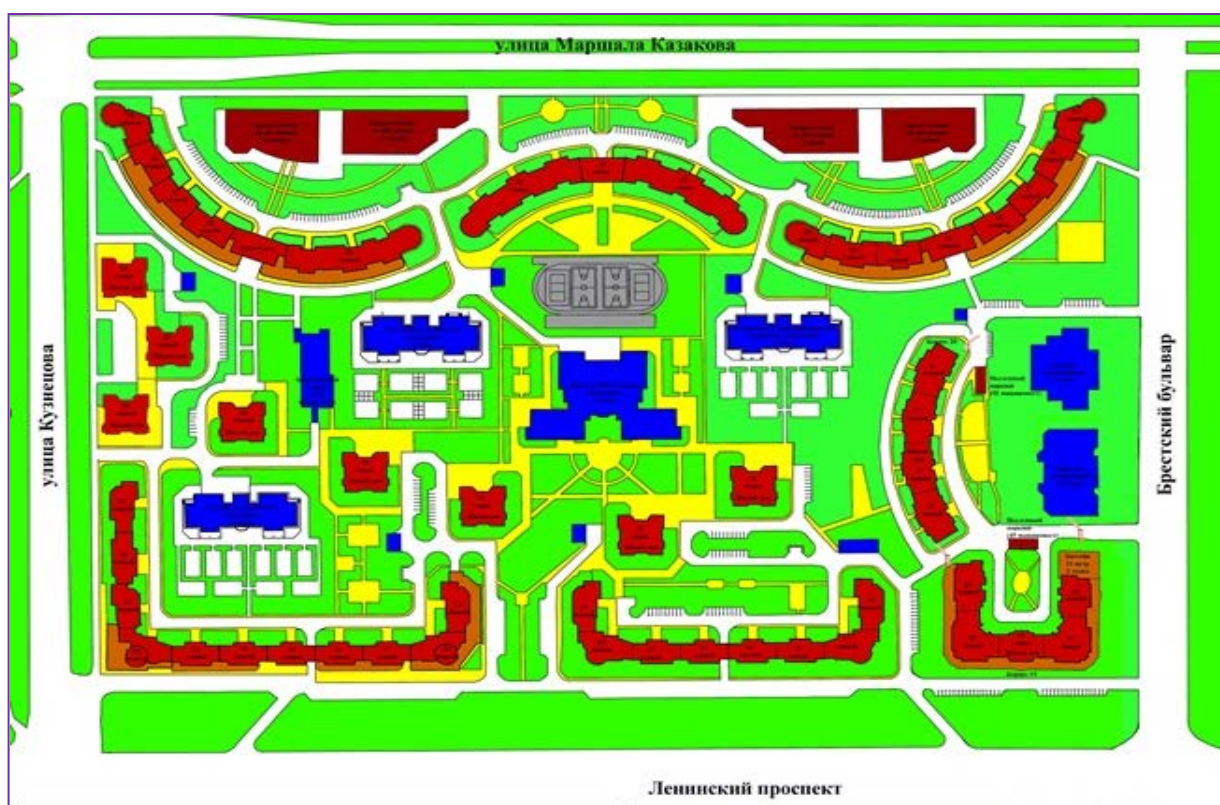


Рисунок 1 План квартала

Основой для проектирования календарного плана застройки квартала является определение трудоемкостей и сметных стоимостей строительно-монтажных работ. В процессе разработки календарного плана рекомендуется пользоваться проектами – аналогами возведения отдельных объектов, укрупненными нормативами, данными достигнутых и планируемых показателей хозяйственной деятельности строительных организаций [22 - 27].

При определении трудоемкостей по объектам и видам работ определены:

- средняя сметная стоимость м<sup>2</sup> жилищно-гражданского строительства;
- средняя выработка на одного рабочего в строительстве;
- средний по стройке состав бригады рабочих.

Исходные данные по объектным потокам формируются в виде матрицы трудоемкостей работ по объектам и видам  $q_{ij}$ , где  $i$  – индекс вида работ в порядке технологической последовательности;  $j$  – индекс объекта, изменяющийся от 1 до  $h$  рисунку 2.

При квартальной застройки имеют место случаи неравномерного распределения объемов работ по объектам и частным фронтам и неодинаковой производительности специализированных бригад. Это приводит к необходимости организации неритмичных потоков с непрерывным использованием ресурсов, с непрерывным освоением фронтов работ и потоков с критическими и некритическими работами[4].

Комплекс 1 Пример расчётных матриц

Наименование	Подготовительные Работы 5%		Нулевой Цикл 12%		Монтаж каркас 41%		Инженерные Системы 20%		Отделочные Работы 15%		Наружные отделочные Работы 7%	
	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)
работы	кран 1 бульдозер 2 люди 30		кран 2 люди 40		кран 2 люди 45		кран 2 подъёмник 2 люди 30		подъёмник 2 люди 28		кран 1 бульдозер 1 люди 25	
Взрослая поликлиника	20130Т	1118	48312Т	2684	16506Т	9170	80520Т	4473	60390Т	3355	28182Т	1566
Детская поликлиника	16192Т	900	38860.8Т	2159	13277.4Т	7376	64768Т	3598	48576Т	2699	22668.8Т	1259
Молочно-разд. пункт, Аптека	473Т	26	1135.2Т	63	3878.6Т	216	1892Т	105	1419Т	79	662.2Т	37

Комплекс 2

Наименование	Подготовительные Работы 5%		Нулевой Цикл 12%		Монтаж каркас 41%		Инженерные Системы 20%		Отделочные Работы 15%		Наружные отделочные Работы 7%	
	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)	Стоимость (рубль)	Трудоемкость (чел.-см)
работы	бульдозер 2 люди 30		кран 1 люди 30		кран 1 люди 30		подъёмник 1 люди 30		подъёмник 1 люди 30		подъёмник 2 люди 30	
ДДУ на 200 мест с бассейном	9350Т	520	22440Т	1247	76670Т	4260	37400Т	2078	28050Т	1559	13090Т	728
ДДУ на 200 мест с бассейном	9350Т	520	22440Т	1247	76670Т	4260	37400Т	2078	28050Т	1559	13090Т	728

Рисунок 2 Пример расчета матриц трудоемкостей работ

## Потоки с непрерывным использованием ресурсов

При расчете данных потоков необходимо предварительно определить период развертывания последующего вида работ относительно предшествующего (величину сдвига), применительно к каждому частному фронту и принимать в расчет максимальный, исключая набегание работ последующего вида на работы предшествующего[1].

Расчетное значение:

$$T_j^p = \max T_{ij}^p$$

$$T_{ij}^p = \sum_{q=1}^i t_{q(j-1)} - \sum_{q=1}^{i-1} t_{qj}, \quad (1)$$

где  $T_{ij}^p$  — период развертывания  $j$ -го вида работ применительно к  $i$ -му фронту;  $t_{q(j-1)}$  — продолжительность работ предшествующего вида ( $j - 1$ ) на  $q$ -м частном фронте,  $t_{qj}$  — продолжительность работ рассматриваемого вида ( $j$ ) на  $q$ -м частном фронте,  $i$  — номер фронта работ, относительно которого определяется период развертывания.  $T_j^p$  — расчетное (максимальное) значение периода развертывания  $j$ -го вида работ.

Продолжительность потока ( $T$ ) равна сумме периодов развертывания второго и последующих видов работ и продолжительности работ последнего вида:

$$T = \sum_{j=2}^n T_j^p + \sum_{i=1}^m t_{ni}, \quad (2)$$



где  $T_j^p$  — продолжительность периода развертывания j-го вида работ;  $t_{ni}$  — продолжительность работы последнего (п-го) вида на i-м частном фронте;  $p$  — число фронтов работ;  $t$  — число видов работ. Потоки с непрерывным использованием ресурсов применяются при разработке ПОС.

### *Потоки с непрерывным освоением фронтов работ*

Одновременно с разработкой и внедрением поточного метода в строительстве Петровым, Тепловым и др. был разработан и использовался поточный метод в машиностроении — как метод, обеспечивающий непрерывную обработку деталей, то есть метод с непрерывным освоением фронтов работ [1].

К сожалению, длительное время поточный метод с непрерывным освоением фронтов не использовался в строительстве. Однако он представляет несомненный интерес, особенно при ремонте и реконструкции объектов, так как обеспечивает наименьшую продолжительность выполнения работ на объекте. Расчет потока с непрерывным освоением фронтов работ может осуществляться на матрице в системе ОФР, но лучше транспонировать матрицу в систему ОВР. В последнем случае методика расчета потока с непрерывным освоением фронтов работ аналогична расчету потока с непрерывным использованием ресурсов, но обеспечивается нулевое растяжение не ресурсных, а фронтальных связей. При этом, как правило, могут иметь место простои ресурсов.

Продолжительность потока с непрерывным освоением фронтов равна сумме периодов развертывания второго и последующих фронтальных комплексов работ и продолжительности работ последнего фронтального комплекса:

$$T = \sum_{i=2}^n T_i^p + \sum_{j=1}^m t_{jm}. \quad (3)$$

Потоки с непрерывным освоением фронтов работ целесообразно применять в процессе реализации календарного плана при наличии отставания в выполнении работ и необходимости выполнить плановые сроки на конкретном объекте.

### *Потоки с критическими работами*

Потоки с критическими работами предполагают немедленное начало каждой последующей работы после завершения предшествующей при наличии ресурса и фронта работ, то есть традиционный метод организации работ, который был дополнен в 1957 году Дж.Е. Келли и М.Е. Уолкером (США) вариантом организации работ при поздних сроках (при сохранении продолжительности потока). Это позволило выявить критические работы, составляющие критический путь (критические пути), и метод получил название метода критического пути, а позднее — метода сетевого планирования (последнее название не является точным, но получило наибольшее распространение).

В общем виде продолжительность этих потоков ( $T$ ) определяется суммой продолжительностей критических работ, составляющих критический путь (один из критических путей):

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij}^p \quad (4)$$

где  $t_{ij}^p$  — продолжительность критической работы  $ij$ , у которой ранние и поздние сроки выполнения одинаковы. Критическими работами всегда являются только первая и последняя, остальные определяются в зависимости от разновидности метода;  $p$  — число видов работ;  $t$  — число фронтов работ.

Потоки с критическими работами, выявленными с учетом ресурсных и фронтальных связей, при прочих равных условиях гарантируют минимальную продолжительность всего комплекса работ. Однако при этом, как правило, имеют место простои (резервы времени) ресурсов и фронтов работ.

Потоки с критическими работами применяются при реализации календарного плана и отставании в сроках выполнения работ запланированных в ПОС. В этом случае осуществляется переход с метода НИРС на метод МКР.

Современные компьютерные технологии позволяют быстро осуществлять расчеты перечисленных методов организации работ.

Как отмечено в ряде исследований [4, 5, 7, 8], разработка методов оптимизации за счет изменения очередности освоения частных фронтов является эффективным средством при использовании принципа ветвей и границ в случае большого числа частных фронтов, а именно более 10. Для задач малой размерности, какими являются комплексные потоки внутри градостроительных комплексов, более целесообразным является использование полного перебора различных вариантов с учетом ограничений на порядок освоения частных фронтов работ.

Этот вывод подтверждается еще и тем, что сокращение времени расчёте в условиях направленного перебора для достаточно быстродействующих ЭВМ не значительно по сравнению со временем прерывания в расчёте задачи.

Однако в реальных условиях задача может быть упрощена ограничениями на очередность ввода в эксплуатацию объектов, возникающую либо за счет магистральных сетей, либо невозможностью обеспечения безопасной коммуникации проживающих в уже построенных зданиях людей, если окружающие его здания еще находятся в состоянии монтажа и т.д. Параллельно с этим данная задача упрощается, так как предельные размеры комплексных потоков оцениваются максимальным количеством зданий - не более 5. Учитывая при этом всевозможные практические ограничения, количество возможных вариантов очередности освоения частных Фронтов резко уменьшается. Ввиду резкого уменьшения размерности задач появляется возможность выполнения полного перебора выбранных очередностей освоения фронтов работ или принятие решений по ограничениям на последней стадии расчёта.

Пример построения Порфириана для комплекса объектов приведен на рисунке 3

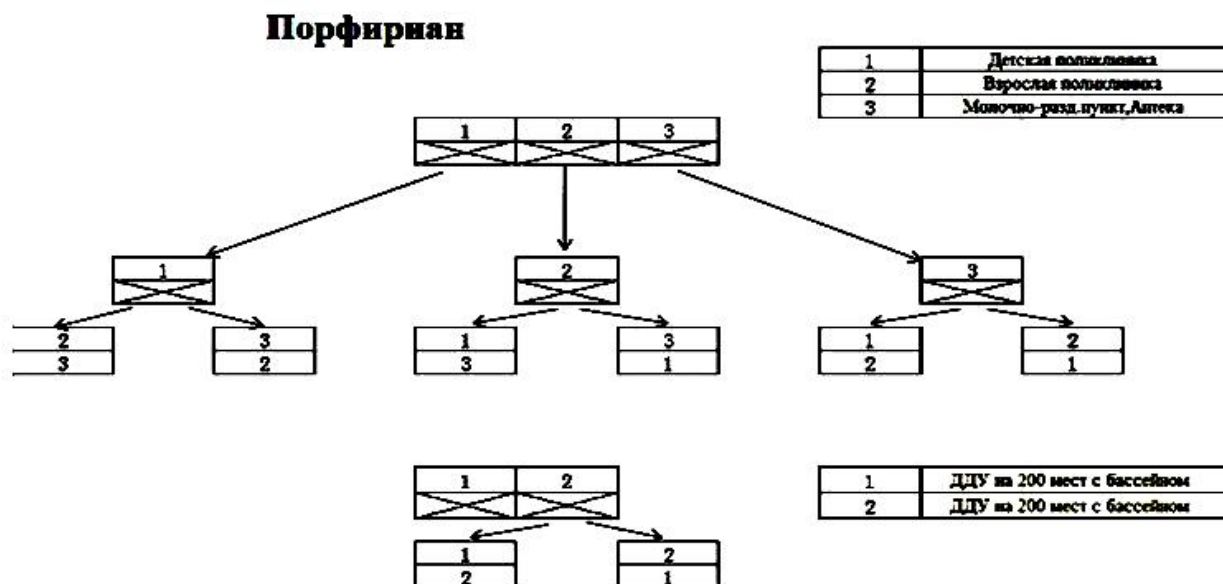


Рисунок 3 Построение Порфириана

В случае квартальной застройки появляется необходимость параллельно-поточной организации работ [4, 13].

Параллельно-поточная организация работ рациональна, когда дальнейшее насыщение фронта работ невозможно, выбор рациональной очередности уже произведен, а необходимость в сокращении продолжительности комплекса работ остается.

Основным принципом формирования параллельно-поточной организации работ при застройке квартала жилыми домами является выполнение нормативно-директивных сроков застройки квартала. Это условие выражается следующим образом:

$$\max \left\{ T_{P_k}^{кон} \right\} \leq T_k^{Дир} \quad \forall k \quad (5)$$

$T_{P_k}^{кон}$  - срок окончания последнего комплекса "К" в потоке "Р" квартальной застройки,

$T_k^{Дир}$  - директивный (нормативный) срок окончания застройки квартала.

В примере строительства квартала 15 на Юго-западе директивный срок строительства определен четырьмя годами.

Методика формирования вариантов организации работ при застройке кварталов объектами социального назначения и выбора среди них лучшего исходя из нормативной продолжительности строительства квартала и экономической эффективности представлена блок-схемой рисунке 4.

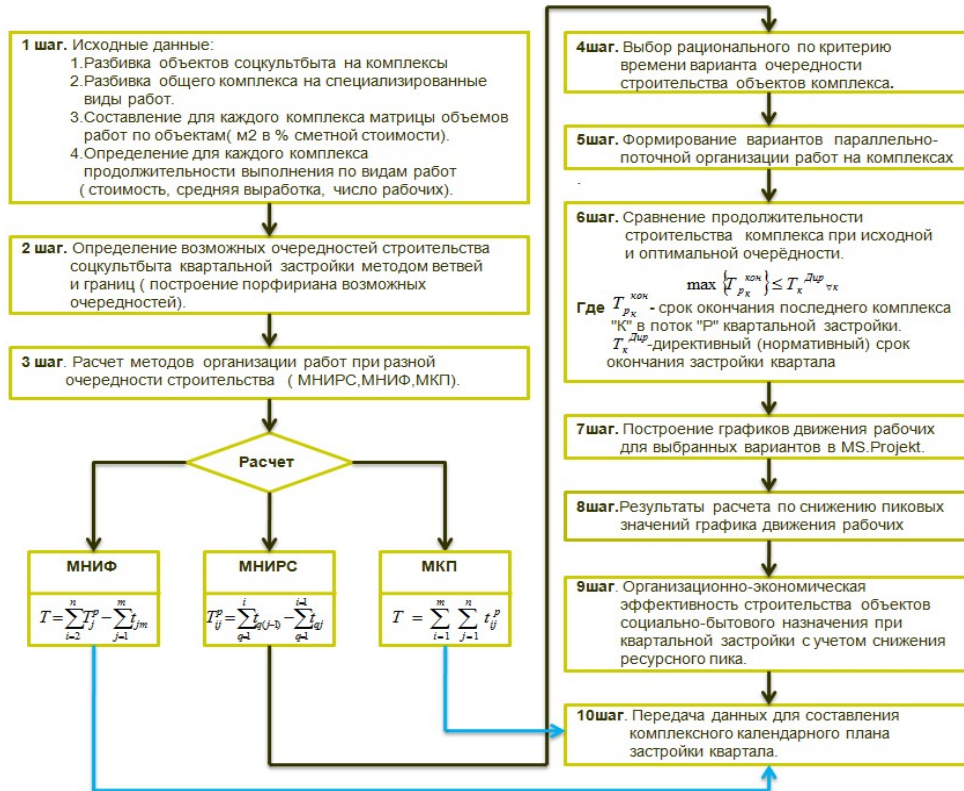


Рисунок 4 Блок схема

Методика определения оптимального варианта параллельно-поточной организации работ строительства объектов социального назначения представлена на рисунке 5 и рисунке 6.

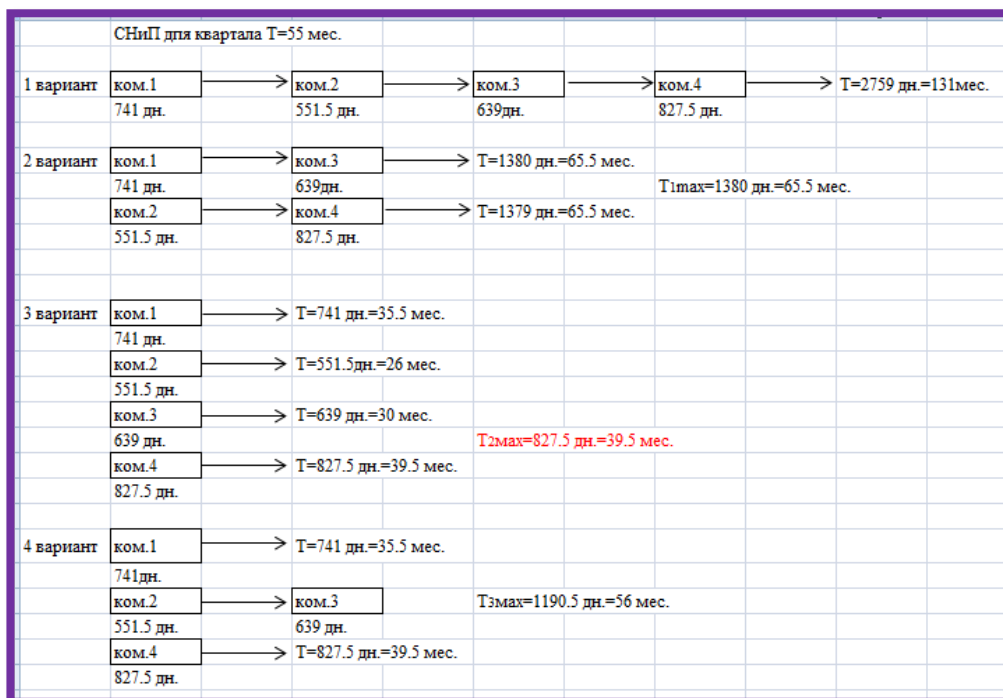


Рисунок 5. Формирование вариантов параллельно поточной организации работ на комплексах

Как показали исследования [7, 15, 16] одной из оптимизационных задач календарного планирования является задача опосредованной минимизация площади строительной площадки. В результате, с этой точки зрения, при использовании календарного планирования, поставленная задача может быть сведена к минимизации максимума графика движения рабочих

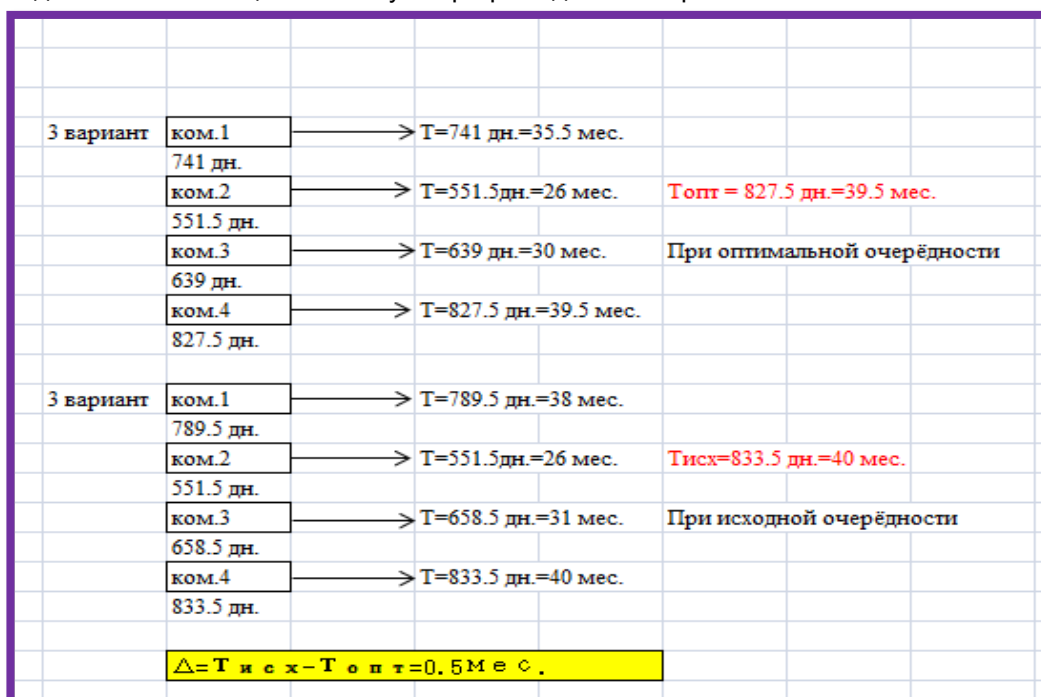


Рисунок 6 Сравнение продолжительности строительства комплекса при исходной и оптимальной очередности

Практика производства строительных работ показывает, что многие работы могут производиться с разной интенсивностью или разным набором профилей ресурсов в MS Project. Как показано в исследовании [15], вариации профилей ресурсов позволяют снизить пиковые значения ресурсных профилей. При этом предлагается алгоритм полного перебора возможных профилей ресурсов для работ, составляющих пиковые нагрузки. Для целей практического проектирования календарных планов и



графиков движения рабочих в составе ПОС предлагается эвристический алгоритм перебора профилей ресурсов для пиковых нагрузок, основанный на методах статистического моделирования. Алгоритм предполагает перебор ограниченного числа вариантов и выбор лучшего по критерию пиковых значений ресурсов и позволяет найти приемлемое решение за короткое время.

Примем интенсивности работ (профили загрузки) переменными поставленной задачи.

Исследование вариации профилей загрузки в целях снижения пиковых значений, выполненных в работе [7, 15, 16], показали, что целесообразно использовать четыре профиля – загрузка в начале, загрузка в конце, черпаха, плоский.

В предлагаемом эвристическом алгоритме будем использовать вариации только плоского профиля и загрузка в конце, как наиболее соответствующих условиям строительства квартала.

Пусть профиль обозначается следующим образом:

$$\left. \begin{array}{l} 1 - \text{профиль «загрузка в конце»} \\ 2 - \text{«плоский»} \end{array} \right\} \quad (6)$$

Из теории поточной организации работ [17] известно, что в неритмичных потоках с критическим путем, выявленных при учете ресурсных и фронтальных связей, изменение интенсивности каждого последующего частного потока по отношению к предыдущему или интенсивности каждого комплекса работ на последующем частном фронте по отношению к интенсивности комплекса работ на предыдущем частном фронте всегда приводит к соответствующему изменению параметров потока (продолжительности потока, растяжения ресурсных и фронтальных связей). Эффективность изменения интенсивности оценивается путем расчета и сравнительного анализа вариантов при различных значениях интенсивности тех или иных работ.

Расчет календарного плана строительных работ по эвристическому алгоритму предлагается осуществлять при следующих вариантах интенсивности выполнения работ:

Определяются строительные работы ресурсного пика, которые должны выполняться только с постоянной интенсивностью – плоский профиль.

Например, работы по монтажу каркаса.

Работы по инженерным системам и отделочные работы могут выполняться с различной интенсивностью на разных объектах.

Используем для эвристического алгоритма метод статистического моделирования.

Пусть  $\xi$  - случайная величина, равномерно распределенная в промежутке [0;1].

Полагаем:

$$= \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ если } \xi \in [0; \frac{1}{2}] \\ 2, \text{ если } \xi \in [\frac{1}{2}; 1] \end{array} \right\} \quad (7)$$

Полагаем, что ресурсный пик в графике движения рабочих на стадии ПОС образуют не более четырех работ. При этом некоторые из них могут выполняться с ограничениями на задание ресурсного профиля.

Тогда расчеты календарных планов строительных работ осуществляются при заданных и разыгранных, при помощи генератора случайных чисел, вариантах интенсивности выполнения работ.

Рассчитывается 10 вариантов календарных планов и выбирается лучший по критерию (8)

$$R_{\text{пик}} \longrightarrow \min$$

где  $R_{\text{пик}}$  представляет сумму работ ( $r$ ) образующих ресурсный пик в зависимости от принятых ресурсных профилей  $L$ .

В результате работы алгоритма получим множество различных расписаний. Вычисляемое для каждого такого расписания значение функции  $R_{\text{пик}}$  - минимальной загрузки используемых ресурсов, служит критерием, по которому следует сравнивать полученные расписания рисунке 7.

Результаты расчета	
1 вар.	315чел.
2 вар.	310чел.
3 вар.	277чел.
4 вар.	257чел.
5 вар.	245чел.
6 вар.	238чел.
7 вар.	235чел.
8 вар.	230чел.
9 вар.	217чел.
10 вар.	208чел.



Рис 5. Неоптимизированный график движения рабочих(1 вар.)



Рисунок 7 Результаты расчета по снижению пиковых значений графика движения рабочих

Организационно-экономическую эффективность строительства объектов социально-бытового назначения при квартальной застройке с учетом снижения ресурсного пика по предложенной методике определим по формуле (7).

$$R = R_{нач} - R_{опт}, \quad (9)$$

Как следует из приведенных диаграмм пиковые нагрузки  $R_{нач}$  - вариант 1 и  $R_{опт}$  вариант -10.

$$R = 315 \text{ чел.} - 208 \text{ чел.} = 107 \text{ чел.}$$

Учитывая, что средняя потребность во временных зданиях и сооружениях составляет 1.8 кв. м/чел, получим около 180 кв.м. экономии площади временных зданий.

Принимая во внимание, что стоимость кв.м. временных помещений может составлять около 7000 руб., то  $192.6 * 7000 = 1\,348\,200$  руб.

Таким образом, экономия на стоимости временных зданий составит около  $1.35 \times 10^3$  т.руб.

Кроме того, учитывается стесненность строительной площадки, и необходимость выполнения работ по благоустройству после окончания строительства освобождается 192.6 кв.м. земли от застройки.

#### Литература

1. Постановление Госстроя России от 25 августа 1993 г. №18-32.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации.
3. Постановление Госстроя СССР от 13 июля 1990 г. №61
4. Афанасьев В. А. Поточная организация строительства. Л.: Изд-во Стройиздат, 1990. 160 с.
5. Александрова В. Ф. Комплексная застройка кварталов градостроительными комплексами: Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.23.08. С-Пб., 1989. 149 с.
6. Болотин С. А., Александрова В. Ф. Проектирование застройки кварталов жилыми комплексами // Строительство и городское хозяйство. 1987. № 96. С. 6-7.
7. Болотин С. А. Методология оптимального ресурсораспределения в календарном планировании строительства объектов и их комплексов: Дисс. на соиск. учен. степ. д.т.н. СПб.: СПбГАСУ, 1998. 348 с.
8. Величкин В. З. Определение рациональной очередности освоения частных фронтов при оптимизации качества организации работ // Межвузовский тематический сборник (Современные способы организации управления строительством): Л.: Изд-во ЛИСИ, 1986. С.14-18.
9. Голенко Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления. М.: Изд-во Наука, 1969. 400 с.

10. Дикман Л. Г. Организация жилищно-гражданского строительства. Справочник строителя. М.: Изд-во Стройиздат, 1990. 496 с.
11. Дикман Л. Г. Организация строительного производства. М.: Изд-во АСВ, 2003. 512 с.
12. Жилищное строительство: город или пригород [Электронный ресурс]. URL: <http://www.alldoma.ru> (дата обращения 14. 01. 2013)
13. Заренков В. А. Метр перемен // Город. 2008. № 16. С. 18-19.
14. Заренков В. А. Управление проектами. М. - СПб.; Изд-во АСВ, 2006. 312 с.
15. Земельный кодекс. СПб., 1996.-400 с.
16. Измайлова О. В. Методы и средства системы многовариантного организационно-технологического моделирования в строительстве: Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.23.08. Киев, 1986. 223 с.
17. Корректировка «свежего» генплана // Строительство и городское хозяйство. 2007. № 98. С. 8-9.
18. Малкин М. М. Оптимизация графика движения рабочих в календарных планах методом вариации ресурсных профилей: Дисс. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.23.08. С - Пб, 2010. 149 с.
19. Морозова Т. Ф., Хэ Т., Петрова Е. М. Сокращение площади строительной площадки за счет оптимизации графиков движения рабочих // Инженерно-строительный журнал. 2011. №7. С. 76-77.
20. Морозова Т. Ф., Лаптева Н. В., Оценка рисков при реализации инвестиционно-строительного проекта на примере бизнес-центра // Инженерно-строительный журнал. 2011. №2. С. 48-51.
21. Путинцева В. М. Совершенствование организации поточной застройки кварталов: Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н.: Спец. 05.23.08. Ленинград, 1983. 149 с.
22. Drozdowski M. Scheduling multiprocessor tasks — An overview // European Journal of Operational Research. 1996. Vol. 94. Issue 2. Pp. 215–230.
23. Yang J–B. Developing a knowledge map for construction scheduling using a novel approach // Automation in Construction. 2007. Vol. 16. Issue 6. Pp. 806–815.
24. Dzung R-J., Tommelein I. D. Product modeling to support case-based construction planning and scheduling // Automation in Construction. 2004. Vol. 13. Issue 3. Pp. 341–360.
25. Christodoulou S., Ellinas G., Aslanic P. Entropy-based scheduling of resource-constrained construction projects // Automation in Construction. 2009. Vol.18. Issue 7. Pp. 919–928.
26. Huang R-y., Sunb K-S. System development for non-unit based repetitive project scheduling // Automation in Construction. 2005. Vol. 14. Issue 5. Pp. 650–665.
27. Rogalska M., Bozejko W., Hejduk Z. Time/cost optimization using hybrid evolutionary algorithm in construction project scheduling // Automation in Construction. 2008. Vol. 18. Issue 1. Pp. 24–31.