



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Организации строительства»

## **Учебное пособие**

по дисциплине

«Организация, планирование и управление в строи-  
тельстве»

**«Математическое моделирование и оптими-  
зация процессов с использованием элементов  
сквозного проектирования»**

Авторы  
Ключникова О.В.,  
Зеленцов Л.Б.

Ростов-на-Дону, 2023

## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения по специальностям 08.03.01, 08.04.01 и 08.05.01 «Строительство».

В учебном пособии исследованы условия распределения процессов на основе моделирования и оптимизации организационных решений. Решение этой задачи также в значительной мере определяется сроками и качеством технической подготовки производства. Повышения качества технической подготовки обуславливает сокращение сроков и затрат на освоение и выпуск новой продукции.

## Авторы

д.т.н., проф., зав. кафедрой «Организация строительства»  
Зеленцов Л.Б.

к.т.н., доцент кафедры «Организация строительства»  
Ключникова О.В.



## Оглавление

<b>Введение.....</b>	<b>4</b>
1. Выявление закономерностей технологических связей между строительными процессами.....	5
2. Современные концепции совершенствования математического моделирования и оптимизации процессов с использованием элементов сквозного проектирования.....	5
3. Экспериментальное совершенствование математического моделирования и оптимизации процессов с использованием элементов сквозного проектирования.....	7
3.1 Характеристика объекта и условий строительства.....	7
3.2 Методы производства основных видов строительного-монтажных работ.....	8
3.3 Выбор монтажного крана по техническим параметрам.....	11
3.4 Расчет продолжительности строительства.....	13
3.5 Потребность в основных строительных машинах, механизмах и транспортных средствах.....	15
3.6 Расчет ресурсов строительства.....	15
3.7 Стройгенплан.....	18
3.8 Техничко-экономические показатели по объекту.....	19
4. Применение принципов организационно-технологических решений на основе моделирования процессов.....	19
<b>Выводы.....</b>	<b>27</b>
<b>Перечень использованных информационных ресурсов.....</b>	<b>28</b>

## Введение

Моделирование и оптимизация процессов с использованием элементов сквозного проектирования представляет собою **актуальную проблему** не только прикладного, но и научно-го характера.

При моделировании хода строительных работ учитывается большое число параметров: физические объемы конструкций, инженерные системы здания, особенности технологии производства и др. Задача моделирования возведения объекта усложняется тем, что все события необходимо увязывать не только в пространстве строительной площадки, но и во времени. В настоящее время 3D технологии развиваются в сторону увеличения числа координат. Такие модели могут стать незаменимым инструментом не только в проектировании сложных и не имеющих аналогов объектов, но и эффективным инструментом контроля выполненных работ в системе оперативно-диспетчерского управления, а также макетом для определения разного рода рисков и нежелательных ситуаций. Результатом системного подхода к решению таких задач может стать построение реальной ресурсной модели проекта. Следует отметить, что сейчас большая часть строительства крупных объектов ведется с привлечением государственных средств, в этой связи актуален вопрос оптимальной цены. В этой связи появляется возможность определить базу для ее расчета, сроки выполнения работ, и условия контрактации. А главное получить конкретный инструмент, который можно будет использовать для максимизации прибыли за счет экономии затрат, но для реализации этого потребуется создать целый комплекс организационно-программных мероприятий, который постепенно должен трансформироваться в стандарт.

**Цель** – исследовать теоретическое обоснование и разработку системы основных мероприятий по внедрению организационно-технологических решений на примере строительства фруктового комплекса в Ростовской области, и представить результаты исследований, проведенных в 2021-2022 годах.

На сегодняшний день для построения моделей экономических, организационно-технологических и социальных явлений или процессов используется система абстрактных математических выражений и соотношений, упрощенно описывающих реальные ситуации.

Основным **научным методом** данного исследования является математическое моделирование. Под математическим моделированием подразумевается описание производственных, организационно-технологических и экономических процессов при помощи математических выражений. Оптимальные решения отыскиваются по моделям производственных и экономических процессов. Точность и обоснованность оптимального решения зависит от того, насколько объективно и точно в разработанных моделях отражены реальные процессы и связи между параметрами экономических систем, ограничения, накладываемые на нее внешними условиями, насколько достоверна используемая при моделировании информация.

Для достижения поставленной цели авторы решали следующие **задачи**:

- анализ существующей практики организационно-технологического проектирования в строительстве и установление тенденций в её развитии;
- выявление закономерностей технологических связей между строительными процессами;
- применение принципов организационно-технологических решений на основе моделирования процессов.

## **1.Выявление закономерностей технологических связей между строительными процессами**

Строительство любых объектов и их комплексов целесообразно оценивать, как сложную систему, задача которой состоит в выпуске в соответствие с проектами продукции строительного производства, выраженной в пригодных для эксплуатации зданий, сооружений и связанных с ними комплексов. Условия, в которых реализуется современное строительство, характеризуются следующими факторами:

- усложнением строительства в технологическом плане;
- продолжающейся изменчивостью внешней экономической и технической среды;
- значительной степенью нестабильности поведения процесса строительства как системы в новых условиях;
- динамичностью;
- большим количеством переменных состояния (степеней свободы): от сотен до десятков тысяч;
- сложностью и изменчивостью строения систем (их структуры, архитектуры, конфигурации и т.д.);
- нелинейностью характеристик и свойств подсистем (элементов) и отношений между ними;
- непредсказуемостью в поведении, движении, развитии систем, особенно в нестандартных, штатных ситуациях, связанных с неопределенностью поведения внешней среды, с потерей цели, дефицитом ресурсов и неожиданными отказами отдельных подсистем.

Своевременное и правильное разрешение проблемных ситуаций обеспечивает эффективность этой системы.

## **2.Современные концепции совершенствования математического моделирования и оптимизации процессов с использованием элементов сквозного проектирования**

Для построения моделей экономических, организационно-технологических и социальных явлений или процессов используется система абстрактных математических выражений и соотношений, упрощенно описывающих реальные ситуации. Под математическим моделированием подразумевается описание производственных, организационно-технологических и экономических процессов при помощи математических выражений. Оптимальные решения отыскиваются по моделям производственных и экономических процессов. Точность и обоснованность оптимального решения зависит от того, насколько объективно и точно в разработанных моделях отражены реальные процессы и связи между параметрами экономических систем, ограничения, накладываемые на нее внешними условиями, насколько достоверна используемая при моделировании информация. При отыскании оптимального решения следует избегать неоправданного упрощения моделей, которое может сделать их неадекватными объекту, а также чрезмерной детализации, затрудняющей реализацию.

Моделирование организационно-технологических процессов применяется тогда, когда известны характеристики системы и ее частей, когда известны или предполагаемые факторы, взаимодействие которых обуславливает функционирование системы, когда наши способности понять сущность взаимодействия факторов и частей системы меньше, чем знания об этих факторах и частях.

Все решения по управлению над организационно-технологическими процессами принимаются в условиях неполной определенности. Значение математического моделирования – найти зону рациональных решений с вероятностными оценками, а не подготовить единственно возможное оптимальное решение. В реальных условиях наряду с оптимальным решением существует множество решений, которые не хуже этого оптимального. В связи с тем, что производственные системы носят вероятностный характер, все управленческие решения прини-

маются с риском.

Модели, построенные абстрагированием некоторых условий функционирования организационно-технологических систем и обобщением свойств моделируемого объекта, дают возможность получить решение проблемы пока существует уверенность в том, что обобщения лишь несущественно отражаются на результатах.

При моделировании организационно-технологических процессов делается ряд допущений, позволяющих значительно упрощать отображение моделируемых процессов. При этом отбрасывается действие ряда второстепенных факторов и соотношений. Однако, на основе таких моделей, оперируя математическими ожиданиями параметров, получаем рассматриваемый процесс в обобщенном виде.

В итоге математического моделирования и оптимизации плановых решений по оптимизации организационно-технологических процессов необходимо получить зоны рациональных решений, вероятностные оценки отобранных рациональных решений, определить рациональную степень целесообразного уровня риска, что возможно при стохастическом методе моделирования организационных процессов.

Модель О. Исходной информацией для составления укрупнительный календарных (сетевых) графиков строительства объектов, включаемых в годовую программу подрядных работ, являющихся внутривозрастные списки, в которых указаны общий объем строительно-монтажных работ на  $h$ -м ( $h=1,2, \dots, H$ ) объекте  $Q_h$  (в денежном выражении); срок окончания строительства объекта  $T_h$ ; объем выполненных строительно-монтажных работ на  $h$ -м объекте на  $1/I$  планируемого года  $Q_h^s$ ; намечаемый к выполнению в плановом году объем строительно-монтажных работ  $Q_h^p$ ; нормативная либо оптимальная продолжительность строительства  $h$ -го объекта  $z_h$ .

Примем следующие обозначения:

$n_{h'f}$  - норматив распределения объемов работ на  $f$ -е СП либо АНР по  $h'$ -й группе объектов;

$d_{h'f}^s, w_{h'f}^p, z_{h'f}, c_{h'f}$  - соответственно нормативы трудозатрат  $s$ -й специальности, потребности в  $p$ -х материальных и технических ресурсах, фонда заработной платы, себестоимости единицы  $f$ -х работ по  $h'$ -й группе объектов;

$t_{h'f}$  - норматив продолжительности  $f$ -й работы по  $h'$ -й группе объектов в частях от общей продолжительности строительства объекта, которая принимается равной единице;

$t_{h'tt}^{\rightarrow}$  - норматив промежутка времени между началами смежных последующих работ в частях от единицы;

$t_{h'tt}^{\leftarrow}$  - норматив промежутка времени между окончаниями смежных последующих работ в частях от единицы.

Признав нормативную (плановую) продолжительность строительства объектов и объемы работ по объектам  $Q_h$  детерминированными, рассчитываются характеристики плотностей распределения вероятностей по параметрам календарных (сетевых) графиков:

$$\bar{z}_{h'f} = z_h \bar{z}_{h'f}, \sigma(z_{h'f}) = z_h \sigma(z_{h'f}), \quad (1)$$

$$\text{где } \bar{z}_{h'f} = \ln t_{h'f}, \sigma^2(z_{h'f}) = D[\ln t_{h'f}]; \quad (2)$$

$$\bar{t}_{h'ff}^{\rightarrow} = t_h \bar{t}_{h'ff}^{\rightarrow}, \sigma(\bar{t}_{h'ff}^{\rightarrow}) = t_h \sigma(\bar{t}_{h'ff}^{\rightarrow}); \quad (3)$$

$$\bar{t}_{h'ff}^{\leftarrow} = t_h \bar{t}_{h'ff}^{\leftarrow}, \sigma(\bar{t}_{h'ff}^{\leftarrow}) = t_h \sigma(\bar{t}_{h'ff}^{\leftarrow}); \quad (4)$$

$$\bar{Q}_{h'f} = Q_h \bar{n}_{h'f}, \sigma(Q_{h'f}) = Q_h \sigma(n_{h'f}). \quad (5)$$

По каждой  $j$ -й ( $j=1,2, \dots, M$ ) реализации случайных параметров составляются календарные (сетевые) графики строительства объекта. При этом считается, что первая работа начинается в нулевое время  $T_{h_1}^{ik} = 0$ , тогда конец этой работы  $T_{h_1}^{ik} = t_{h_1}^i$ . Следовательно,  $T_{h_2}^{ik} = T_{h_1}^{ik} + t_{h_1 h_2}^i$ . Необходимо обратить внимание на то, что при реализации случайных  $t_{h'f}^i$  и  $t_{h'ff}^i$  может не соблюдаться технологическое требование, что  $f+1$ -я работа может быть начата (завершена) лишь спустя некоторое время после начала (завершения)  $f$ -й работы. Для каждой

реализации и каждой работы ставится следующее условие:

$$T_{hf}^{in} \geq T_{h,f-1}^{in} + t_{h,f-1,f}^{m-}; T_{hf}^{ik} \geq T_{h,f-1}^{ik} + t_{h,f-1,f}^{m-}; \quad (6)$$

где  $t_{h,f-1,f}^{m-}$ ,  $t_{h,f-1,f}^{m-}$  - минимальный возможный промежуток времени соответственно между началом и концом  $f-1$ -й и  $f$ -й работы.  $t_{h,f-1,f}^{m-}$  определяется как десятипроцентная квантиль плотности распределения  $p(t_{h,f-1,f})$ ;

$$p = (t_{h,f-1,f}^m \leq t_{h,f-1,f}); = 0,1$$

Если некая  $j$ -я реализация не соответствует условию  $T_{hf}^{in} \geq T_{h,f-1}^{in} + t_{h,f-1,f}^{m-}$ ;  $T_{hf}^{ik} \geq T_{h,f-1}^{ik} + t_{h,f-1,f}^{m-}$ , случайное испытание повторяется до тех пор, пока не будет получена удовлетворительная реализация.

Таким образом, расчет сроков начала и окончания  $f$ -х работ ( $f=2,3 \dots, F$ ) для всех  $j$  ( $j=1,2, \dots, N$ ) осуществляется по формуле:

$$T_{hf}^{in} = T_{h,f-1}^{in} + t_{h,f-1,f}^{i-}; T_{hf}^{in} \geq T_{h,f-1}^{in} + t_{h,f-1,f}^{m-}; T_{hf}^{ik} = T_{h,f-1}^{ik} + t_{hf}^i \geq T_{h,f-1}^{ik} + t_{h,f-1,f}^{m-}; \quad ; (7)$$

Для каждой  $j$ -й реализации случайных параметров рассчитываются продолжительности строительства объектов  $t_h^j = T_h^{ikp}$  общие резервы времени  $R_{hf}^j$ , напряженность работ  $K_{hf}^j$  по следующей формуле:

$$K_{hf}^j = 1 - \frac{R_{hf}^j}{t_{hf}^j}; \quad ; (8)$$

По каждой случайной реализации графика выделяются объемы работ, падающие на рассматриваемый год, и оценивается их распределение по кварталам. Так как их объемы  $f$ -х работ, приходящиеся на  $\mu$ -й месяц, являются зависимыми от вероятности реализации  $f$ -й работы в  $\mu$ -м месяце, в результате моделирования получаем вероятностные оценки распределения объемов работ во времени. При этом годовые и квартальные объемы работ по объектам определяются согласно технологии строительства объектов с учетом вероятностных параметров текущих планов. Полученные результаты являются основанием для составления рациональных текущих производственных программ строительных объединений с учетом поквартального распределения объемов работ и ограничений по мощностям и ресурсам.

### 3. Экспериментальное совершенствование математического моделирования и оптимизации процессов с использованием элементов сквозного проектирования

В целях проверки теоретических положений исследования был произведен эксперимент по организации строительства фруктового комплекса в Ростовской области, на предприятии строительной отрасли.

#### 3.1 Характеристика объекта и условий строительства

Проект производства работ разработан на возведение зданий и сооружений по объекту: «Фруктовый комплекс по адресу: Ростовская область».

Площадь участка: в границах отвода – 3,67 га;

Площадь строительной площадки – 3,67 га.

Данный проект рассматривает возведение следующих зданий и сооружений:

- Сортировочный цех;
- Плодохранилище №1;
- Плодохранилище №2;
- Загрузочный тамбур №1;
- Загрузочный тамбур №2;
- Модульное здание КПП;

Строительная площадка находится на западе Ростовской области.

Климатические, геологические и гидрогеологические условия

Территориальный пояс	2
Климатический район для строительства	III Б
Глубина промерзания	90 см
Средняя температура наружного воздуха:	
- в наиболее холодные пятидневки	- 17°C
- в наиболее холодные месяц года	- 2,5°C
- в наиболее жаркие месяц года	+ 29,7°C
Среднегодовая температура	+ 10,3°C
Средняя относительная влажность воздуха:	
- в наиболее холодный месяц года	85%
- в наиболее жаркий месяц года	62%
Абсолютная минимальная температура наружного воздуха	- 32°C
Абсолютно максимальная температура наружного воздуха	+ 41°C
Ветровой район	III
Нормативное значение ветрового давления	38 кгс/м <sup>2</sup>
Снеговой район	II
Нормативное значение веса снегового покрова	100 кгс/м <sup>2</sup>

Территория относится к III-A – не подтопляемые в силу геологических, гидрогеологических, топографических и других естественных причин (согласно приложения И, СП 11-105-97 часть 2).

В границах участка постоянные и временные водотоки отсутствуют. Ближайшим водным объектом является река Миус на расстоянии 419м в юго-западном направлении.

Специфическими грунтами на площадке являются насыпные и элювиальные грунты.

Тип грунтовых условий по просадочности – I (первый).

### **3.2 Методы производства основных видов строительного-монтажных работ Технологическая последовательность работ**

Принятая в проекте организации строительства технология, организация и последовательность выполнения работ обеспечивает соблюдение установленных в календарном плане строительства сроков завершения работ.



Данным проектом предусмотрено строительство объекта по технологическим этапам в следующей очередности:

1-й Технологический этап:

- Плодохранилище №1;
- Плодохранилище №2.

2-й Технологический этап:

- Сортировочный цех;
- Модульное здание КПП;

3-й Технологический этап:

- Загрузочный тамбур №1;
- Загрузочный тамбур №2;

**Подготовительный период**

Подготовительные работы начинают цикл. В состав работ, выполняемых в подготовительный период, входят:

- установка защитного ограждения участка производства работ;
- подключение временного энергоснабжения;
- водоснабжение стройплощадки осуществляется привозной водой в ёмкостях и хранение в баках;
- устройство распашных ворот, организация въезда с юго-западной стороны участка производства работ;
- организация поста охраны;
- установить информационный щит строительной организации;
- установить знак ограничения скорости движения при въезде;
- установить бытовые помещения, туалеты типа БИО;
- установить противопожарный щит рядом с бытовым помещением;
- организовать освещение участка производства работ, с установкой прожекторов освещения.

### Основной период

Строительно-монтажные работы основного периода начинаются после завершения работ подготовительного периода.

Работы следует выполнять в соответствии с правилами производства и приемки строительно-монтажных работ и соблюдением технологии строительного производства, изложенными в соответствующих главах СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции».

В состав работ, выполняемых в основной период при строительстве зданий и сооружений, согласно технологическим этапам входят:

#### 1-й Технологический этап

*По зданию Плодохранилище №1, Плодохранилище №2:*

- Земляные работы;
- Устройство монолитных ж/б фундаментов стаканного типа при помощи автобетононасоса;
- Монтаж несущих металлоконструкций каркаса здания при помощи автокрана;
- Устройство монолитных цокольных стен при помощи автобетононасоса;
- Монтаж профилированного листа НС-35 ограждающих конструкций при помощи автокрана и ножничных подъёмников;
- Монтаж профилированного листа Н-60 кровли при помощи автокрана;
- Устройство щебеночного основания при помощи экскаватора и грунтового катка;
- Устройство бетонной подготовки при помощи автобетононасоса;
- Монтаж стеновых и потолочных сэндвич-панелей при помощи телескопического подъемника с вакуумным захватом и ножничных подъёмников;
- Монтаж холодильных дверей и подъемно-секционных ворот здания;
- Монтаж утеплителя из экструдированного пенополистирола полов холодильных камер;
- Устройство бетонных промышленных полов при помощи автобетононасоса.

#### 2-й Технологический этап

*По зданию Сортировочный цех:*

- Земляные работы;
- Устройство монолитных ж/б фундаментов стаканного типа при помощи автобетононасоса;
- Монтаж несущих металлоконструкций каркаса здания;
- Устройство монолитных цокольных стен при помощи автобетононасоса;
- Устройство ж/б плит перекрытий при помощи автобетононасоса;
- Монтаж сэндвич-панелей ограждающих конструкций при помощи автокрана и ножных подъёмников;
- Монтаж сэндвич-панелей кровли при помощи автокрана;
- Устройство щебеночного основания при помощи экскаватора и грунтового катка;
- Устройство бетонной подготовки для буферной камеры и помещений административно-бытового корпуса при помощи автобетононасоса;
- Монтаж стеновых и потолочных сэндвич-панелей буферной камеры при помощи телескопического подъемника с вакуумным захватом и ножничных подъёмников;
- Монтаж утеплителя из экструдированного пенополистирола полов буферной камеры и помещений АБК;
- Устройство бетонных промышленных полов при помощи автобетононасоса.
- Устройство стен АБК из кирпича;

*По зданию КПП:*

- Земляные работы;
- Устройство монолитных ж/б фундаментов при помощи автобетононасоса;
- Монтаж несущих металлоконструкций каркаса здания вручную и при помощи автокрана;
- Монтаж сэндвич-панелей ограждающих конструкций вручную и при помощи автокрана;
- Монтаж сэндвич-панелей кровли вручную и при помощи автокрана.

*По зданию Насосная:*

- Земляные работы;
- Устройство монолитного ж/б прямиков при помощи автобетононасоса;
- Монтаж несущих металлоконструкций каркаса здания вручную и при помощи автокрана;
- Монтаж сэндвич-панелей ограждающих конструкций вручную и при помощи автокрана;
- Монтаж сэндвич-панелей кровли вручную и при помощи автокрана;
- Монтаж технологического оборудования при помощи автокрана.

*Пожарные резервуары и хозяйственно-питьевой резервуар:*

- Земляные работы;
- Устройство монолитных ж/б плит основания при помощи автобетононасоса;
- Гидроизоляция ж/б конструкций;
- Монтаж ёмкостей при помощи автокрана.

*Комплектная трансформаторная подстанция (КТП), Электрощитовая, Дизель-генераторная установка (ДГУ):*

- Земляные работы;
- Устройство основания под плиту площадки при помощи бульдозера, экскаватора, катков;
- Устройство монолитной ж/б плиты площадки при помощи автобетононасоса;
- Монтаж несущих металлоконструкций каркаса здания при помощи автокрана;
- Монтаж модулей со спецоборудованием при помощи автокрана.

*Наружные инженерные сети:*

- строительство сети водопровода В1, В2;
- строительство сети канализации К1, К2, К3;
- строительство сетей электроснабжения;
- строительство сетей наружного освещения.

*Благоустройство территории:*

- устройство отмостки с водоотводящими мероприятиями;
- устройство асфальтного покрытия дорог;
- озеленение территории.

3-й Технологический этап*По зданию Загрузочный тамбур №1, №2:*

- Земляные работы;
- Устройство монолитных ж/б фундаментов стаканного типа при помощи автобетононасоса;
- Монтаж несущих металлоконструкций каркаса здания;
- Устройство монолитных цокольных стен при помощи автобетононасоса;
- Монтаж сэндвич-панелей ограждающих конструкций при помощи автокрана и ножных подъёмников;
- Монтаж сэндвич-панелей кровли при помощи автокрана;
- Устройство монолитной ж/б плиты пола при помощи автобетононасоса;

**3.3 Выбор монтажного крана по техническим параметрам**

Для выполнения основного вида строительно-монтажных работ принят автомобильный кран.

Подбор крана осуществляется по основным техническим параметрам:

**1. Грузоподъемность:**

$$Q = q_r + q_{гп}$$

где  $q_r$  – максимальная масса поднимаемой конструкции;

$q_{гп}$  – масса грузозахватного приспособления;

$$Q = 1,52 \text{ т} + 0,022 \text{ т} = 1,542 \text{ т};$$

**2. Высота подъема крюка:**

$$H_{кр} = h_0 + h_{зап} + h_{эл} + h_{стр} + h_{пол};$$

где  $h_0$  – высота опоры, на которую устанавливается конструкция от уровня стоянки крана (11,14 м);

$h_{\text{зап}}$  – запас по высоте, принимаемый по технике безопасности (min 0,5 м);

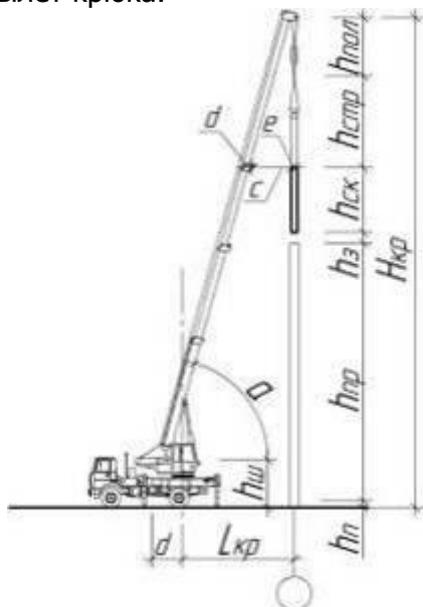
$h_{\text{эл}}$  – высота монтируемого элемента (2,7 м);

$h_{\text{стр}}$  – расчетная высота строповки;

$h_{\text{пол}}$  – высота грузового полиспаста (в предварительных расчётах 1,5 м);

$H_{\text{кр}} = 11,14 + 0,5 + 2,7 + 4,0 + 1,5 = 19,84$  м;

3. Вылет крюка:



Длина стрелы определяется по формуле:

$$L'_{\text{стр}} = \frac{H_{\text{кр}} + h_{\text{ш}}}{\sin \alpha}$$

где  $h_{\text{ш}}$  – высота шарнира стрелы, принимается 2,0м;

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_{\text{стр}} + h_{\text{пол}}}{e + c + d}$$

где  $e$  – расстояние от центра до края элемента, приближенного к стреле, м;

$c$  – минимальный зазор между стрелой и монтируемым элементом (принимается равным минимум 0,5...1,0м в зависимости от длины стрелы);

$d$  – половина толщины стрелы на уровне верха монтируемого элемента (приблизительно – 0,3м)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4 + 1,5}{0,28 + 1 + 0,3} = 3,48 = 74^\circ$$

$$L'_{\text{стр}} = \frac{19,84 + 2}{\sin 74^\circ} = 22,72 \text{ м}$$

Требуемая наименьшая длина стрелы определяется по формуле:

$$L = \sqrt{(L'_{\text{стр}} + d)^2 + (H_{\text{кр}} - h_{\text{ш}})^2}$$

где  $d$  – расстояние от оси шарнира стрелы до оси вращения крана (1,0 м)

$$L = \sqrt{(22,72 + 1)^2 + (19,84 - 2)^2} = 29,68 \text{ м}$$

Вылет крюка составляет  $L_{\text{кр}} = 22,72 \times \cos 74^\circ = 22,72 \times 0,2756 = 6,26$  м.

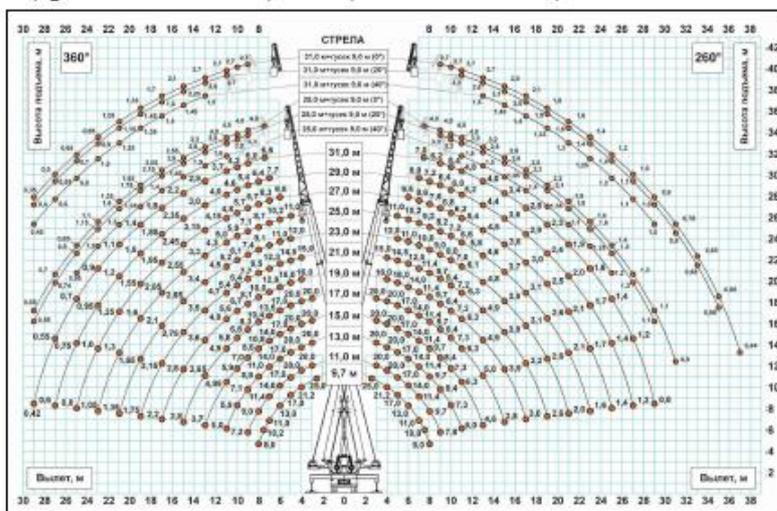
Исходя из вышеприведенных характеристик в качестве основного монтажного механизма при выполнении строительно-монтажных работ по возведению надземной части здания используем автомобильный кран Terex RT35-1 либо КС-55713-1. Технические характеристики

автокрана приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики автомобильного крана.

Параметры	Terex RT35-1	КС-55713-1
Высота подъема, м	31,2	21,9
Высота подъема с гуськом, м	36,5	30
Вылет максимальный, м	27	18
Грузоподъемность максимальная, т	35	25
Грузоподъемность при необходимом вылете, т	8,35	5,4

Грузовысотные характеристики автокрана КС55713-1



Эффективность каждого варианта оцениваем по величине коэффициента использования грузоподъемности кранов:

$$K_{гр} = \frac{Q}{Q_{max}}$$

где  $Q$  – максимальная требуемая грузоподъемность;

$Q_{max}$  – максимальная грузоподъемность крана.

$$K_{гр1} = 0,04$$

$$K_{гр2} = 0,06$$

Опираясь на полученные коэффициенты, выбираем кран КС-55713-1.

### 3.4 Расчет продолжительности строительства

Нормы продолжительности строительства всего объекта в целом охватывают период от даты начала выполнения внутриместоочных подготовительных работ, состав которых установлен СП 48.13330.2011, до даты ввода объекта в эксплуатацию.

Ввиду отсутствия прямых норм продолжительности строительства фруктового комплекса в СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» определяем продолжительность строительства по объектам-аналогам.

#### Плодохранилище №1 и плодохранилище №2

Продолжительность работ по возведению плодохранилища №1 и плодохранилища №2, определяется на основании СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», часть II, раздел Б, подраздел 3, «Фруктохранилище (с охлаждением) из легких металлических конструкций с цехом товарной обработки вместимостью 500т» – составляет 8,0 мес.

Продолжительность строительства плодохранилища №1 (поз.2) и плодохранилища №2 (поз. 4) вместимостью 2500т определяется методом линейной интерполяции.

Увеличение объема составляет:

$$((2500-500) / 2500) \times 100 = 80\%$$

Увеличение нормы продолжительности строительства составит:

$$80 \times 0,3 = 24\%$$

Норма продолжительности строительства устанавливается способом интерполяции и составляет:

$$T_{об} = ((100+24) / 100) \times 8 = 9,9 \text{ месяцев}$$

Продолжительность строительства зданий плодохранилища №1, №2 составляет:

9,9 месяцев, в т.ч. подготовительный период – 1 месяц.

#### Сортировочный цех

Продолжительность работ по возведению сортировочного цеха определяется на основании СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», часть II, раздел Б, подраздел 3, «Хранилище продовольственного картофеля без искусственного охлаждения с цехом товарной обработки объемом 4700м<sup>3</sup>» - составляет 8,0 мес.

Продолжительность строительства сортировочного цеха поз.1 объемом 13624,7 м<sup>3</sup> определяется методом линейной интерполяции.

Увеличение объема составляет:

$$((13624,7 - 4700) / 13624,7) \times 100 = 65,5\%$$

Прирост к норме продолжительности строительства составит:

$$65,5 \times 0,3 = 19,65\%$$

Продолжительность с учётом экстраполяции составит:

$$T_{об} = ((100+19,65) / 100) \times 8 = 9,60 \text{ месяцев}$$

Продолжительность строительства здания сортировочного цеха составляет:

9,60 месяцев в т.ч. подготовительный период – 1 месяц.

#### Загрузочный тамбур №1 и загрузочный тамбур №2

Продолжительность работ по возведению загрузочного тамбура и загрузочного тамбура №2 определяется на основании СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», часть II, раздел Б, подраздел 3, «Хранилище продовольственного картофеля без искусственного охлаждения с цехом товарной обработки, объемом 4700м<sup>3</sup>» составляет 8,0 мес.

Продолжительность строительства загрузочного тамбура, объемом 1244 м<sup>3</sup> определяется методом линейной экстраполяции.

Уменьшение объема составляет:

$$((4700-1244) / 4700) \times 100 = 73,5\%$$

Уменьшение нормы продолжительности строительства составит:

$$73,5 \times 0,3 = 22\%$$

Норма продолжительности строительства устанавливается способом экстраполяции и составляет:

$$T_{об} = ((100-22) / 100) \times 8 = 6,2 \text{ месяцев}$$

Продолжительность строительства зданий загрузочного тамбура №1, №2 составляет:

6,2 месяцев в т.ч. подготовительный период – 1 месяц.

#### Здание КПП

Продолжительность работ по возведению контрольно-пропускного пункта (КПП) определяется на основании СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», часть II, раздел 3, подраздел 1-2, «Павильон из облегченных конструкций общей площадью 250м<sup>2</sup>» составляет 2,0 мес.

Продолжительность строительства КПП общей площадью 16м<sup>2</sup> определяется методом линейной экстраполяции.

Уменьшение объема составляет:

$$((250-16) / 250) \times 100 = 93,6\%$$

Уменьшение нормы продолжительности строительства составит:

$$93,6 \times 0,3 = 28\%$$

Норма продолжительности строительства устанавливается способом экстраполяции и составляет:

$$T_{об} = ((100-28) / 100) \times 2 = 1,4 \text{ месяцев}$$

Продолжительность строительства здания КПП составляет:  
1,4 месяцев в т.ч. подготовительный период – 14 дней.

### 3.5 Потребность в основных строительных машинах, механизмах и транспортных средствах

Потребность строительства в строительных машинах и грузоподъемных механизмах определена в соответствии с организационно-технологическими схемами производства работ, календарным планом строительства, а также исходя из физического объема работ, габаритной схемы сооружения, границ отвода земельного участка.

Обеспечение потребности строительства в транспорте осуществляется подрядными организациями.

Наименование и количество основных строительных машин, механизмов и транспортных средств уточняется при разработке проектов производства работ.

Таблица 3 - Сводная ведомость потребности в строительных машинах, механизмах и транспортных средствах

№ п/п	Наименование машин и механизмов	Марка машин и механизмов	Потребность, шт.
1	Автомобильный кран	КС-557	2
2	Экскаватор	ЭО 33	4
3	Бульдозер	D-3	1
4	Глубинный вибратор	ИВ-6	2
5	Поверхностный вибратор	ИВ-9	2
6	Компрессор	ЗИФ-5	2
7	Аппарат для дуговой сварки	ТДС-5	2
8	Трамбовка ручная электрическая	ИЭ-45	2
Автотранспортные средства			
9	Автосамосвал	КАМАЗ-5	4
10	Автобетононасос	КСР40 на базе Hyundai D250	2
11	Автобетономеситель	9DA на базе КАМАЗ	2
12	Бортовой автомобиль	МАЗ-6-020	2
13	Бортовой автомобиль	КАМАЗ-17	4

### 3.6 Расчет ресурсов строительства

#### Определение расчетной численности работников

##### 1-й Технологический этап

Максимальное количество работающих, занятых на строительстве Плодохранилища №1 и №2, определено из расчёта ориентировочной стоимости строительно-монтажных работ (СМР) 154 650 тыс. руб. и условий среднемесячной выработки одного рабочего 208 тыс. руб. с учетом коэффициента неравномерности движения рабочей силы по формуле:

$$A = B / T / B,$$

где А – максимальное количество работающих на стройплощадке (чел.);

Б – общая стоимость СМР и специальных работ (тыс. руб.);

Т – продолжительность строительства (мес.).

$$A = 154\ 650 \text{ тыс. руб.} / 9,9 \text{ мес.} / 208 \text{ тыс. руб.} = 75 \text{ чел.}$$

#### Определение состава и площадей временных зданий и сооружений

Состав и площади временных зданий и сооружений определяют на момент максимального разворота работ на стройплощадке по расчетному количеству работников, занятых в одну смену.

Тип временного сооружения принимается с учетом срока его пребывания на стройплощадке: при строительстве продолжительностью 6-18 месяцев – здания контейнерного типа. Результаты расчета потребности во временных мобильных зданиях для каждого технологического этапа приводятся в таблицах 8 - 10.

Потребность во временных зданиях определяется путем прямого счета по методике, приведенной в МДС 12-46.2008.

Для инвентарных зданий санитарно-бытового назначения:

Гардеробная:  $S_{тр} = N \cdot 0,7$

Душевая:  $S_{тр} = N \cdot 0,54$

Умывальная:  $S_{тр} = N \cdot 0,2$

Сушилка:  $S_{тр} = N \cdot 0,2$

Помещение для обогрева рабочих:  $S_{тр} = N \cdot 0,1$

Туалет:  $S_{тр} = (0,7 \cdot N \cdot 0,1) \cdot 0,7 + (1,4 \cdot N \cdot 0,1) \cdot 0,3$

Для инвентарных зданий административного назначения:  $S_{тр} = N \cdot 3$

$N$  – общая численность рабочих в наиболее загруженную смену

$N_{пр}$  – число производственных служащих ИТР

Таблица 8 – Потребность во временных инвентарных зданиях 1-го Технологического этапа

Назначение инвентарного здания	Требуемая площадь, м <sup>2</sup>	Полезная площадь инвентарного здания, м <sup>2</sup>	Число инвентарных зданий
Гардеробная	53	14,4	4
Душевая	40,5	14,4	5
Умывальная	15		
Сушилка	15		
Помещение для обогрева рабочих	7,5		
Здание административного назначения	32	14,4	2
Туалет	6,8	2,0	4

Таблица 9 – Потребность во временных инвентарных зданиях 2-го Технологического этапа

Назначение инвентарного здания	Требуемая площадь, м <sup>2</sup>	Полезная площадь инвентарного здания, м <sup>2</sup>	Число инвентарных зданий
Гардеробная	49,7	14,4	4
Душевая	38,3	14,4	5
Умывальная	14,2		
Сушилка	14,2		
Помещение для обогрева рабочих	7,1		
1	2	3	4
Здание административного назначения	32	14,4	2
Туалет	6,5	2,0	4

Таблица 10 – Потребность во временных инвентарных зданиях 3-го Технологического этапа

Назначение инвентарного здания	Требуемая площадь, м <sup>2</sup>	Полезная площадь инвентарного здания, м <sup>2</sup>	Число инвентарных зданий
Гардеробная	9,1	14,4	1
Душевая	7,0	14,4	1
Умывальная	2,6		
Сушилка	2,6		
Помещение для обогрева рабочих	1,3		
Здание административного назначения	4	14,4	1
Туалет	1,2	2,0	1

### Расчет потребности в складских площадях

Размеры складских площадок принимаются из расчета обеспечения материалами и конструкциями строительной площадки для бесперебойного возведения каркаса здания в течение пяти дней.

Потребная площадь складов для хранения материалов, изделий и оборудования определяется расчетом на основании:

1. Нормативов запаса основных материалов и изделий, принимаемых по табл. 28.
2. Нормативов площадей складов, принимаемых по табл. 29, 30.
3. Среднесуточного расхода материалов.
4. Неравномерности потребления материалов и изделий, учитываемой применением коэффициента 1,3.
5. Коэффициента использования площади складов по табл. 31.
6. Коэффициента неравномерности поступления материалов и изделий на склады строительства автомобильным транспортом равным 1,1.

Площадь навесов для хранения стали арматурной, гидроизоляционных материалов, толи, рубероида, мастики, и т.п. равна:

$$C_{тр} = (2,3+48+13) \times 5 \times 1,3 \times 1,1 \times 0,5 = 226,3 \text{ кв.м.}$$

Площадь открытых складских площадок равна:

$$\text{для хранения щебня и гравия } C_{тр} = 1,0 \times 10,0 \times 1,3 \times 1,1 = 14,3 \text{ м}^2$$

$$\text{для хранения арматуры } C_{тр} = 2,1 \times 10,0 \times 1,3 \times 1,1 \times 0,7 = 21,0 \text{ м}^2$$

### Расчет потребности в воде на строительной площадке

Потребность в воде  $Q_{тр}$  определяется суммой расхода воды на производственные  $Q_{пр}$  и хозяйственно-бытовые  $Q_{хоз}$  нужды:

$$Q_{тр} = Q_{пр} + Q_{хоз}$$

Расход воды на производственные потребности, л/с:

$$Q_{пр} = K_n \frac{q_n \times \Pi_n \times K_{ч}}{3600t}$$

где  $q_n$  = 150л - расход воды на производственного потребителя;

$\Pi_n$  - число производственных потребителей в наиболее загруженную смену;

$K_{ч}$  = 1,5 - коэффициент часовой неравномерности водопотребления;

$t$  = 8,12 ч - число часов в смене;

$K_n$  = 1,2 - коэффициент на неучтенный расход воды.

Расходы воды на хозяйственно-бытовые потребности, л/с:

$$Q_{хоз} = \frac{q_x \times \Pi_p \times K_{ч}}{3600t} + \frac{q_d \times \Pi_d}{60t_1}$$

где  $q_x$  - 15 л - удельный расход воды на хозяйственно-питьевые потребности работающего;

$\Pi_p$  - численность работающих в наиболее загруженную смену;

$K_{ч}$  = 2 - коэффициент часовой неравномерности потребления воды;

$q_d$  = 30 л - расход воды на прием душа одним работающим;

$\Pi_d$  - численность пользующихся душем (до 80 %  $\Pi_p$ );

$t_1$  = 45 мин - продолжительность использования душевой установки;

$t$  = 8 ч - число часов в смене.

#### 1-й Технологический этап

$$Q_{хоз} = 0,74 \text{ л/с.}$$

$$Q_{тр} = 0,02+0,74 = 0,76 \text{ л/с}$$

#### 2-й Технологический этап

$$Q_{хоз} = 0,70 \text{ л/с.}$$

$$Q_{тр} = 0,02+0,70 = 0,72 \text{ л/с}$$

#### 3-й Технологический этап

$$Q_{хоз} = 0,12 \text{ л/с.}$$

$$Q_{TP} = 0,02 + 0,12 = 0,14 \text{ л/с}$$

Расход воды для пожаротушения на период строительства  $Q_{\text{пож}} = 10 \text{ л/с}$ .

### Расчет потребности в электроэнергии на строительной площадке.

Потребность в электроэнергии, кВт, определяется на период выполнения максимального объема строительного-монтажных работ по формуле, приведенной в МДС 12-46.2008:

$$P = L_x \left( \frac{K_1 P_M}{\cos E_1} + K_3 P_{\text{о.в.}} + K_4 P_{\text{о.н.}} + K_5 P_{\text{св}} \right)$$

где  $L_x = 1,05$  - коэффициент потери мощности в сети;

$P_M$  - сумма номинальных мощностей работающих электромоторов (отбойные молотки, машины сверлильные, дисковая пила);

$P_{\text{о.в.}}$  - суммарная мощность внутренних осветительных приборов, устройств для электрического обогрева (помещения для рабочих, здания складского назначения);

$P_{\text{о.н.}}$  - то же, для наружного освещения объектов и территорий;

$P_{\text{св.}}$  - то же, для сварочных трансформаторов;

$\cos E_1 = 0,7$  коэффициент потери мощности для силовых потребителей электромоторов;

$K_1 = 0,5$  - коэффициент одновременности работы электромоторов;

$K_3 = 0,8$  - то же, для внутреннего освещения

$K_4 = 0,9$  - то же, для наружного освещения

$K_5 = 0,6$  - то же, для сварочных трансформаторов.

Для каждого технологического этапа:

$$P = 1,05 \times ((0,5 \times 70) / 0,7) + 0,9 \times 6 + 0,9 \times 12 + 0,6 \times 64 = 104,6 \text{ кВт}$$

Обеспечение потребности в электроэнергии предусматривается от существующих сетей.

Точка подключения определяется на месте.

### Расчет потребности в сжатом воздухе

Сжатый воздух на строительной площадке необходим для обеспечения работы аппаратов (в т.ч. отбойных молотков, перфораторов, пневмотрамбовок, ручного пневматического инструмента для очистки поверхности от пыли и т.д.).

Потребность в сжатом воздухе определена по методике, приведенной в МДС 12-46.2008.

Потребность в сжатом воздухе, м<sup>3</sup>/мин, определяется по формуле:

$$Q = 1,4 \sum q \times K_0$$

где  $\sum q$  - общая потребность в воздухе пневмоинструмента;

$K_0$  - коэффициент при одновременном присоединении - 0,9.

$\sum q$  = компрессор – 1 шт расход воздуха на 1 шт 5,0 м<sup>3</sup>/мин

$$Q = 1,4 \times 10,0 \times 0,9 = 12,6 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Для каждого технологического этапа:

Принимаем расход 13,0 м<sup>3</sup>/мин. Обеспечение сжатым воздухом обеспечивается от передвижной компрессорной установки производителя работ.

### 3.7 Стройгенплан

Разработанный строительный генеральный план предусматривает максимальное использование для нужд строительства постоянных дорог, водопроводных и электрических сетей. В нем указаны основные строительные механизмы, с помощью которых возводится здание. Регулирование и безопасность движения автотранспорта по территории строительства обеспечено устройством временных дорог, установкой знаков ограничения скорости движения, указателей движения по строительной площадке. Временные дороги устраиваются из щебня шириной 3.5 м. Движение машин одностороннее.

Изделия заводского изготовления, детали и конструкции складываются в зоне действия

крана. Площадки открытого хранения обеспечивают складирование нормативного запаса для бесперебойного производства работ. Раскладка материалов предусматривает проходы шириной 1.0 м для рабочих с целью обеспечения удобства строповки конструкций.

Для освещения строительной площадки в вечернее и ночное время предусмотрена система временного освещения.

Подача электроэнергии монтажным механизмам осуществляется по изолированным кабелям.

Бытовые, временные помещения находятся вне зоны действия крана. Площадки складирования материалов и конструкций, места стоянки транспорта под разгрузкой, места хранения грузозахватных приспособлений и тары, приема бетонной смеси и раствора, расположения контрольных грузов, площадки кантовки конструкций назначаются с учетом грузовой характеристики крана в пределах зоны обслуживания краном после определения ее границы. Внутриплощадочное временное водоснабжение осуществляется привозной водой. Временная трансформаторная подстанция осуществляет подачу электроэнергии путем подсоединения ее к действующей электросети. Вся территория строительной площадки ограждается временным забором.

Высота ограждения производственных территорий должна быть не менее 1,6 м, а участков работы - не менее 1,2 м.

Ограждения, примыкающие к местам массового прохода людей, должны иметь высоту не менее 2 м и оборудованы сплошным защитным козырьком.

Козырек должен выдерживать действие снеговой нагрузки, а также нагрузки от падения одиночных мелких предметов.

Ограждения не должны иметь проемов, кроме ворот и калиток, контролируемых в течение рабочего времени и запираемых после его окончания.

Места прохода людей в пределах опасных зон должны иметь защитные ограждения. Входы в строящиеся здания (сооружения) должны быть защищены сверху сплошным навесом шириной не менее 2 м от стены здания. Угол, образуемый между навесом и вышерасположенной стеной над входом должен быть в пределах 70 - 75°.

### **3.8 Технико-экономические показатели по объекту**

Площадь земельного участка	- 3,6387 га
Площадь застройки	- 4948,33 м <sup>2</sup>
Площадь покрытий в границах земельного участка	- 19231,00 м <sup>2</sup>
Площадь озеленения в границах земельного участка	- 12207,67 м

## **4. Применение принципов организационно-технологических решений на основе моделирования процессов**

Основной задачей комплекса является длительное хранение яблок в холодильных камерах сроком до 9 месяцев с последующей его сортировкой и упаковкой. Фруктовый комплекс представлен следующими основными зданиями:

1. Плодохранилище №1 и №2 каждое емкостью 2500 тн хранения яблок по 12 холодильных камер в каждом хранилище.

2. Загрузочный тамбур №1 и №2 предназначены для временного хранения контейнеров с яблоками, поступающими из сада, перед их дальнейшей транспортировкой в плодохранилище или сортировочный цех.

3. Сортировочный цех, здание которое является доминантным объектом всего комплекса, так как в здании будут происходить основные технологические процессы. В рамках исследования рассматриваем строительство здание сортировочного цеха – здание одноэтажное,

общей площадью до 1500 м<sup>2</sup>. В плане представляет собой единое пространство, с габаритами в осях - 21,0x53,0 м. По продольной стороне здания располагается охлаждаемая камера для хранения и отгрузки упакованной продукции, с габаритами в осях – 13,0x13,0 м. Высота здания – 11,1 м. Планировочная схема здания – зальная. Конструктивная схема здания представляет собой однопролетное здание. Колонны выполняются из прокатных широкополочных двутавров. Оголовки колонн, размеры опорных плит количество и расположение отверстий в плитах приняты из условия опирания конструкций типа «Молодечно». Покрытие - «сэндвич-панели» по стальным стропильным фермам.

Под стальные колонны цеха и пристройки запроектированы отдельно стоящие фундаменты на естественном основании.



Рис.1. Визуализация фруктового комплекса.

Для минимизации расходов перебазировки строительного хозяйства - строительство рассматривается для комплекса в целом. Исходя из необходимой высоты подъема, грузоподъемности и вылета стрелы – основным монтажным механизмом определен автомобильный кран КС-55713.

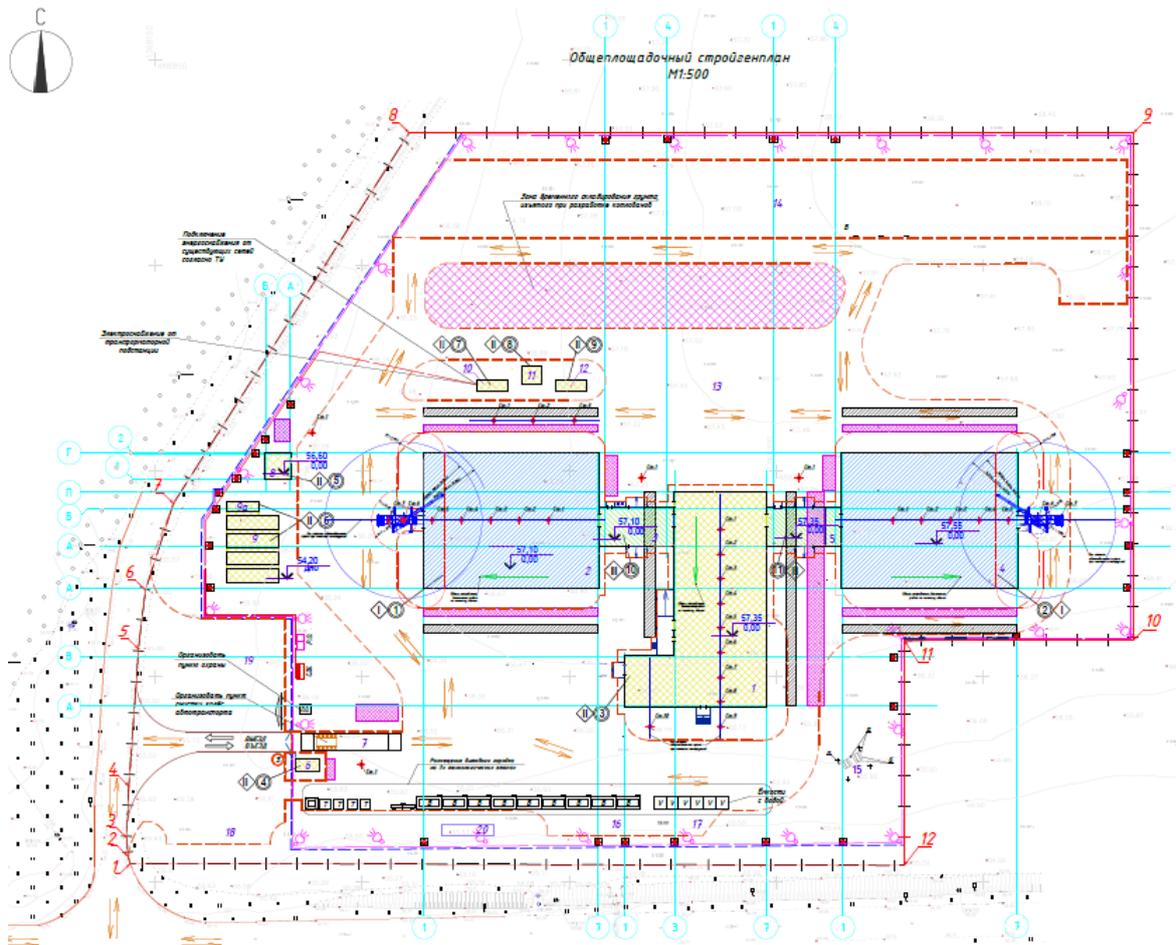


Рис.2. Строительный генеральный план.

В рамках календарного плана срок строительства здания Сортировочного цеха составил 9,6 месяцев, в т.ч. подготовительный период 1 месяц.



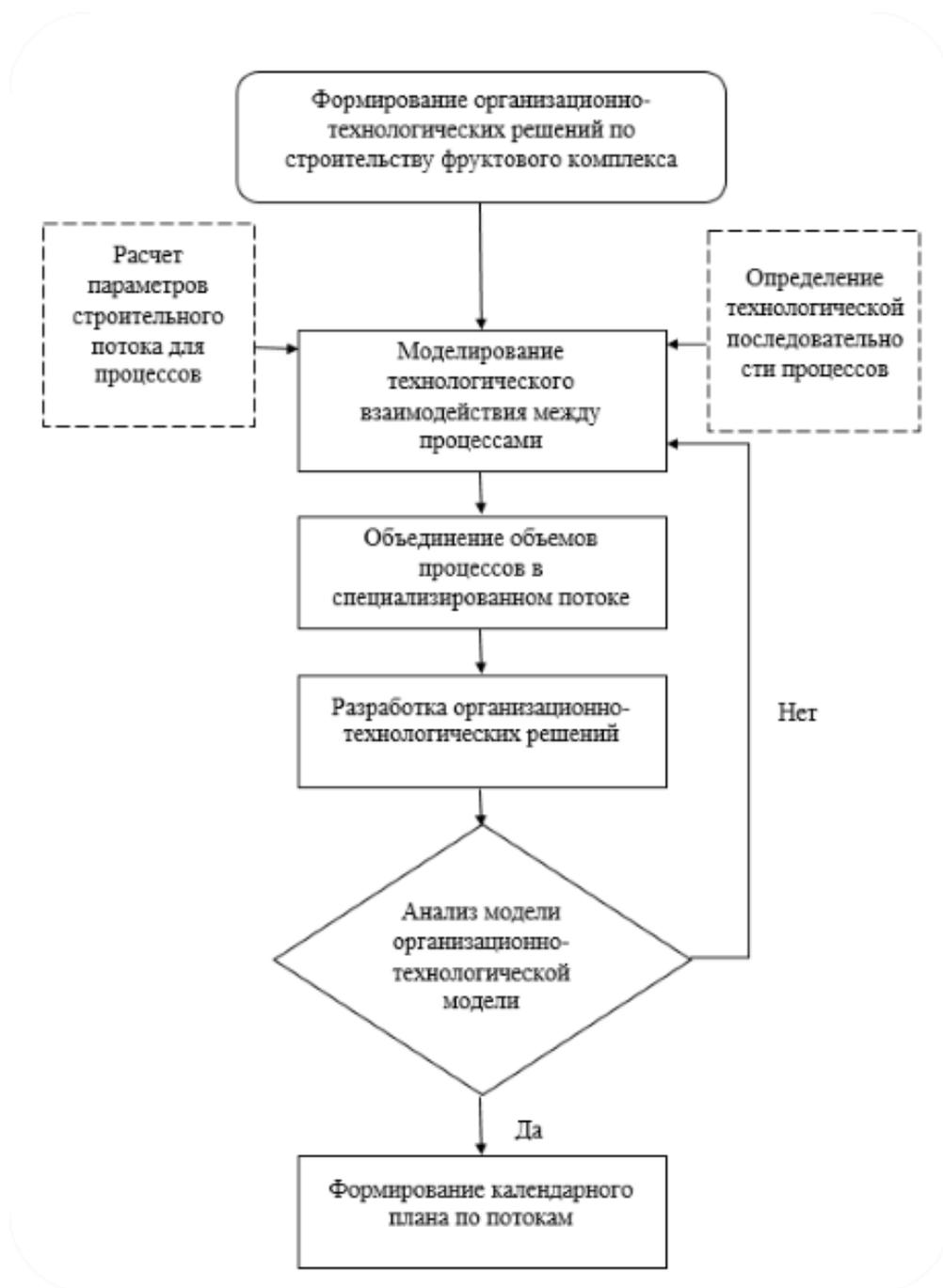


Рис.4. Алгоритм достижения устойчивого организационно-технологического решения (ОТР)

После установления ОТР проекта организации строительства с использованием характеристик взаимосвязи между смежными процессами и разработанных в работе основных комбинаций процессов формируется модель технологических зависимостей.

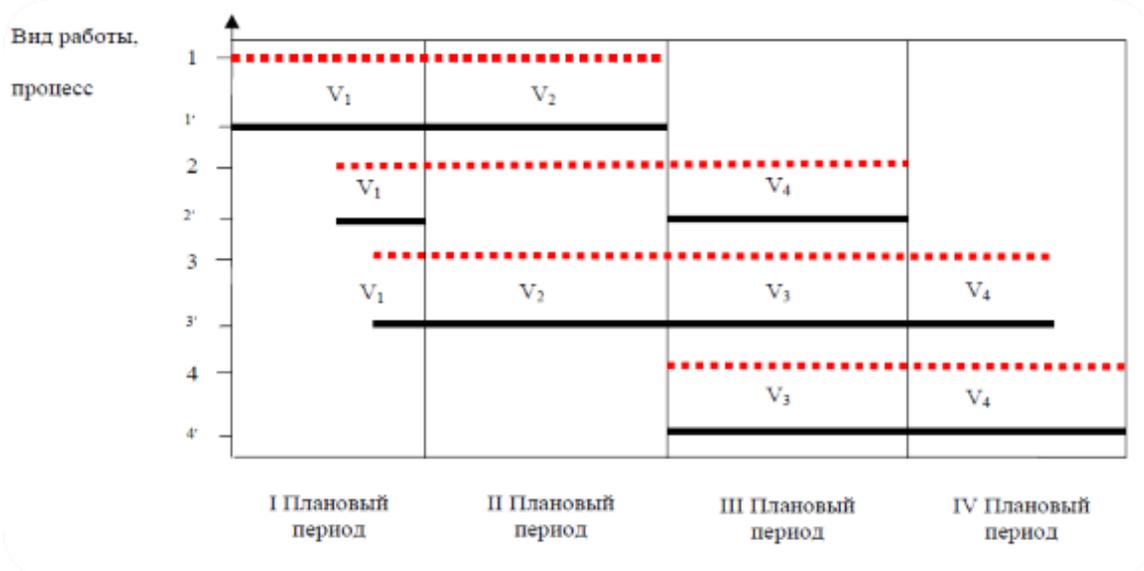


Рис.5. Пример распределения объемов процессов по плановым периодам

При реализации данной задачи необходимо воспользоваться такими свойствами разработанного метода расчета временного промежутка, как отсутствие необходимости предварительного распределения трудовых ресурсов и возможность проектирования начала и окончания процессов внутри временной области. Использование этих свойств повышает количество вариантов планирования СМР по плановым периодам, так как в модели изначально не предполагается выполнения условий равномерности и непрерывности производства процессов.

В результате получается увязка процессов, выполняемых при строительстве сортировочного цеха, с их временными областями выполнения в соответствии с плановыми сроками строительства объекта.

Планирование работ начинается с первого планового периода, от начала выполнения процесса 1 (устройство фундаментов). Далее, в соответствии со сформированной на основе характера связей между процессами моделью технологии возведения объекта производится подбор взаимосвязанных процессов в выявленной технологической последовательности. Объемы СМР, запланированные для производства в каждом плановом периоде могут иметь разные показатели и быть расположены не по всей области их выполнения. Перераспределение СМР происходит внутри временной области, которая не изменяется при сочетании процессов между собой за счет постоянства количественной характеристики технологического взаимодействия начальной и конечной стадий выполнения процессов и временного диапазона, образующих основу модели.

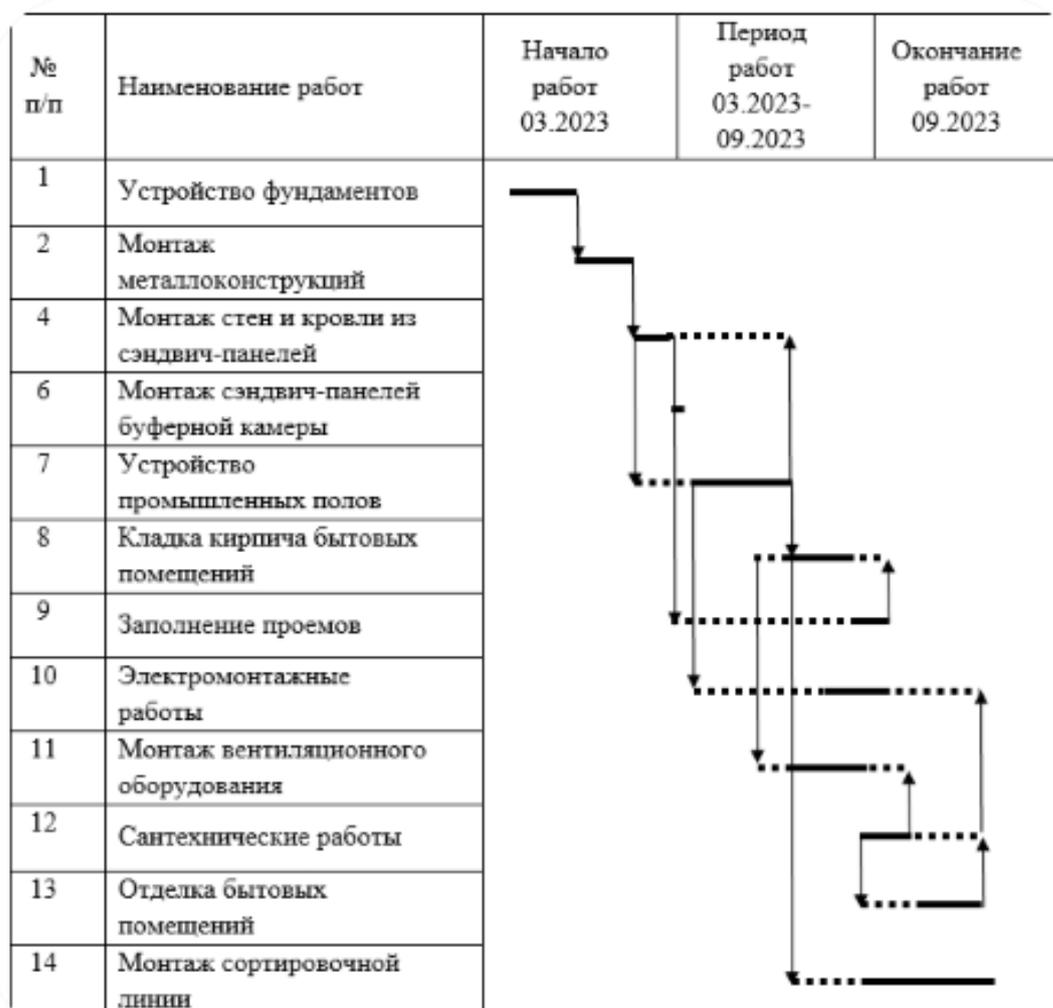


Рис.6. Модель технологических зависимостей между процессами при строительстве объекта

После анализа и принятия оптимального варианта модель организационно-технологических решений увязывается с действующими нормативами по расчету объемов, определению трудоемкости и машиноемкости, и т.д. Далее на ее основе формируется календарный план, который реализуется при строительстве объекта. Календарный график по строительству Сортировочного цеха выполнен в программе Microsoft Project.

Процесс календарного планирования требует, как соблюдения ряда логических ограничений (порядок производства работ), так и ресурсных ограничений (количество бригад и единиц механизации). Для составления расписания работ и процессов необходимо иметь информацию по срокам проведения процессов или работ.

В процессе организационно-технологического проектирования главным методом является планирование, позволяющее прогнозировать решение большого количества задач.

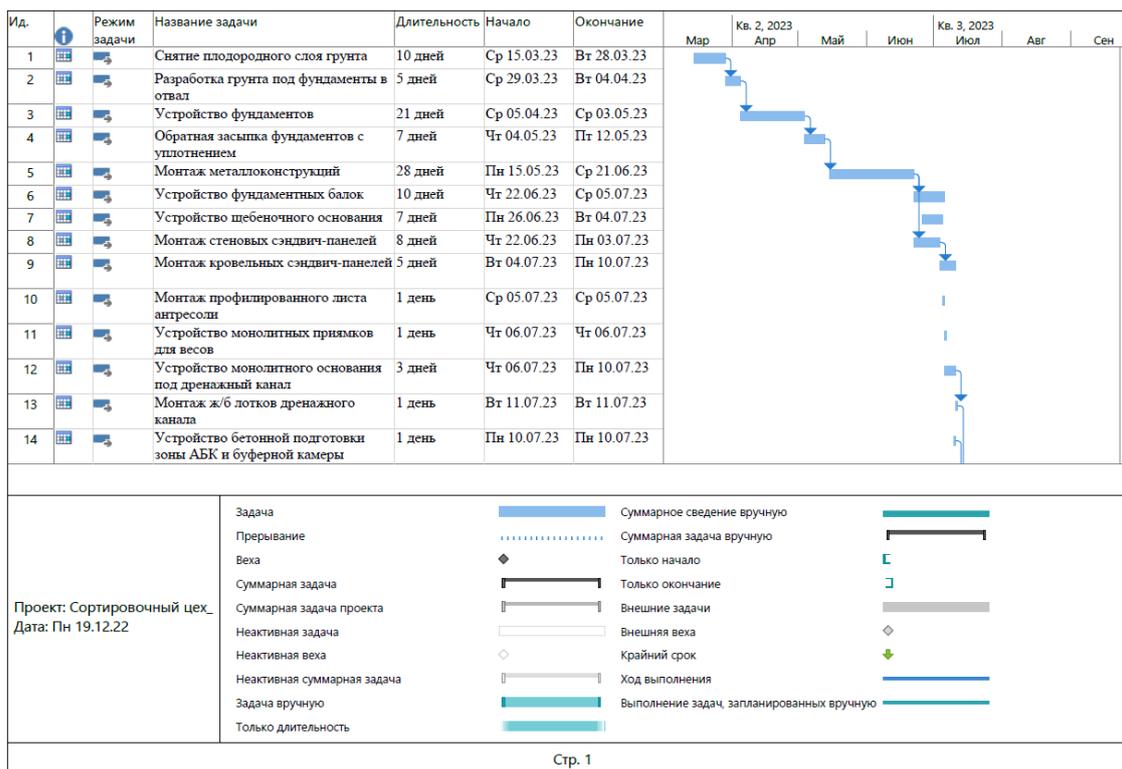


Рис.7. Разработанный календарный план после внедрения математического моделирования и оптимизации процессов с использованием элементов сквозного проектирования

## Выводы

Таким образом, важнейшей предпосылкой совершенствования оперативно-календарного планирования является рационализация производственной структуры на базе повышения уровня специализации, расширения связей по кооперации, внедрения прогрессивных форм и методов организации производства. Эти задачи также решаются с участием органов технической подготовки производства. Совершенствование организации производства способствует применению наиболее совершенных и эффективных систем оперативно-производственного планирования, позволяет сократить трудоемкость плановых работ и, что самое главное, обеспечить наиболее благоприятные условия для оперативного управления ходом производства.

Организационно-технологические решения формируются на основе представления процесса строительства объекта в виде модели технологических зависимостей между процессами и достигается за счет значительного расширения зоны допустимых решений, что в свою очередь приводит к увеличению путей достижения оптимального набора организационных мероприятий.

Технологические связи определяют порядок и очередность выполнения процессов и позволяют определить область совмещения процессов при разработке ОТР и достигается путем расчленения специализированных потоков на процессы, которые соответствуют графику финансирования по календарному плану в рамках принятой продолжительности выполнения работ с возможностью ее сокращения. Такой способ обеспечивает выбор оптимального набора ОТР за счет ограничения зоны допустимых решений.

Анализ технологической взаимосвязи между процессами позволяет рассматривать модель технологии строительства как базовую. Технологические связи определяют порядок и очередность выполнения процессов и позволяют определить область совмещения процессов при разработке организационно-технологических решений. Применение организационно-технологических решений достигается путем расчленения специализированных потоков на процессы, которые соответствуют графику финансирования по календарному плану в рамках принятой продолжительности выполнения работ с возможностью ее сокращения.

Расчленение работ в каждом периоде строительства на процессы и их увязка в соответствие с правилами технологического взаимодействия открывает возможность разработки организационно-технологических решений отдельно на каждый период строительства. Такой способ обеспечивает выбор оптимального набора организационно-технологических решений за счет ограничения зоны допустимых решений.

Разработанный алгоритм достижения устойчивого организационно-технологического решения позволяет увеличить вариантность проектных решений и степень их реализации с учетом влияния всех учтенных и неучтенных факторов.

Практическая реализация полученных показателей внедрены в работу строительной компании. Полученные данные из алгоритма достижения устойчивого ОТР позволяют использовать их как типовое решение как строительным, так и проектным организациям.

Разработанный алгоритм достижения устойчивого организационно-технологического решения позволяет увеличить вариантность проектных решений и степень их реализации.

**ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

1. Костюченко В.В., Кудинов Д.О. Организация строительного производства (спецкурс). – Ростов-н/Д, РГСУ, 2010г.
2. СНиП 12-01-2004 “Организация строительного производства”
3. СНиП 12-03-01, 12-04-02. Безопасность труда в строительстве. ч.1,2
4. Дикман Л.Г. Организация и планирование строительного производства: Учеб. для строит. ВУЗов и фак. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 559с.
5. РД 11-06-2007 Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ.

**Дополнительная литература.**

6. Голубев Б.И. Определение объемов строительных работ. Справочник. – М.; Стройиздат. 1991. – 64с.
7. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Спб.: Стройиздат, 1994. – 304с.
9. З.М. Хадонов. Организация, планирование и управление строительным производством. М.: АСВ, 2009. – 368 с.