

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

И. А. Романов, С. В. Набздоров

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Пособие
для студентов, обучающихся по специальности
специального высшего образования
7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 69(075.8)

ББК 38я73

P69

*Рекомендовано методической комиссией
мелиоративно-строительного факультета
23.02.2026 (протокол № 6)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
25.03.2026 (протокол № 7)*

Авторы:

кандидат технических наук *И. А. Романов*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. В. Набздор*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *В. В. Мороз*;
начальник Горецкой СПМК *Н. Н. Беззубенко*

Романов, И. А.

P69 Организация и управление процессами в строительстве. Курсовое проектирование : пособие / И. А. Романов, С. В. Набздор. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2026. – 86 с.
ISBN 978-985-882-802-8.

Приведены рекомендации и варианты заданий по курсовому проектированию.

Для студентов, обучающихся по специальности специального высшего образования 7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений.

УДК 69(075.8)

ББК 38я73

ISBN 978-985-882-802-8

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2026

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект является важной, неотъемлемой частью образовательного процесса подготовки специалистов высокой квалификации. В ходе проектирования студент должен самостоятельно, опираясь на полученные теоретические знания, решать конкретные производственные задачи, направленные на повышение эффективности строительного производства и повышения качества выпускаемой продукции. При выполнении курсового проекта у студента развивается инициативность, самостоятельность при принятии конкретных решений, он учится пользоваться нормативной и справочной литературой для поиска информации, необходимой для принятия этих решений.

Научные исследования и многолетняя практика строительного производства показали, что его эффективность во многом зависит от уровня применяемой технологии и методов организации данного производства. Рациональная ресурсосберегающая технология в сочетании с оптимальными методами и способами организации строительного производства позволяет сократить сроки строительства, повысить производительность труда и качество строительства, сократить потребность строительства во всех видах ресурсов, снизить себестоимость и энергоемкость строительства. Именно эти параметры являются основными критериями, определяющими эффективность любого вида строительного производства.

Курсовой проект на тему «Производство работ по возведению земляного полотна внутрихозяйственной автомобильной дороги» позволяет студенту освоить методику и алгоритмы решения основных задач организации в строительном производстве, адаптировать эти решения применительно к конкретным условиям строящихся объектов. В ходе проектирования студенты должны четко усвоить, что расчетная продолжительность строительства любого объекта, количество необходимых для этого ресурсов зависят не только от проектных параметров объекта, принятой технологии, объемов и видов работ, используемых машин, но и от того, насколько детально проработаны и решены вопросы организации и планирования его строительства.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 1.03.11-2023 продолжительность строительства. Оптимальная продолжительность выполнения строительно-монтажных работ на объектах строительства. Порядок определения – Введ. 18.12.2023. – Минск: М-во архит. и стр-ва, 2023. – 253 с.
2. Трушкевич, А. И. Организация проектирования и строительства: учебник / А. И. Трушкевич. – Минск, 2003. – 415 с.
3. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учебник / Л. Г. Дикман. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2009. – 608 с.
4. Цай, Т. Н. Организация строительного производства: учебник / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый, В. А. Большаков. – М.: Ассоциация строительных вузов, 1999. – 432 с.
5. Болотин, С. А. Организация строительного производства: учеб. пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – М.: Академия, 2007. – 201 с.
6. Набздоров, С. В. Организация строительного производства: учеб. пособие / С. В. Набздоров. – Горки: БГСХА, 2016. – 295 с.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является разработка и составление календарного плана производства работ по возведению земляного полотна внутрихозяйственной автомобильной дороги и определение необходимых ресурсов, обеспечивающих своевременное и качественное строительство данного объекта.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- в соответствии с выданным заданием на курсовую работу отобрать и проанализировать необходимые исходные данные для проектирования;
- подробно охарактеризовать принятую технологию возведения земполотна дороги, соответствующую полученным исходным данным;
- составить проект организации производства работ, соответствующий заданной технологии возведения земполотна дороги;
- разработать и составить календарный план производства работ, соответствующий проекту их организации на объекте;
- разработать и построить графики поставок основных видов ресурсов на объект строительства, обеспечивающих выполнение требований календарного плана производства работ (по срокам и объемам);
- рассчитать технико-экономические показатели, характеризующие принятый вариант календарного плана производства работ на объекте.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для решения поставленных задач каждому студенту индивидуально выдается вариант задания на курсовой проект (прил. 1). Согласно полученному варианту задания следует самостоятельно выбрать необходимые варианты исходных данных для выполнения курсового проекта и выписать их в табличной форме (например, для варианта задания № 11 необходимые варианты исходных данных представлены в табл. 1).

Таблица 1. Варианты исходных данных для выполнения курсовой работы

Номер варианта задания	План трассы дороги $P.i$	Расположение типов поперечных сечений на трассе дороги $P.i$	Технология строительства $T.i$	Расчетная продолжительность работ $B.i$
11	П.3	P.5	T.1	B.5

Вариант $P.i$ – вариант планового расположения проектной трассы дороги; $P.i = P.1 \dots P.8$ (прил. 2). Вариант плана трассы дороги должен быть вычерчен на отдельном листе бумаги формата A4 и представлен или в тексте, или в виде графического приложения (например, для варианта задания № 11 он изображен на рис. 1).

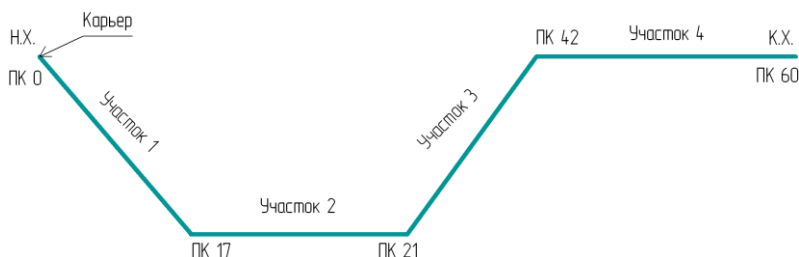


Рис. 1. Плановое расположение проектной трассы дороги

Вариант $P.i$ – вариант расположения типов поперечных сечений насыпи земполотна дороги на участках проектной трассы; $P.i = P.1 \dots P.15$ (прил. 3). Например, для варианта P.5 расположение типов поперечных сечений насыпи земполотна на участках проектной трассы дороги представлено в табл. 2.

Таблица 2. Расположение типов поперечных сечений насыпи земполотна дороги на участках проектной трассы (П.3)

Вариант Р.і	Участки проектной трассы дороги			
	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4
Р.5	Тип 5	Тип 4	Тип 3	Тип 2

Заданные согласно варианту Р.і типы поперечных сечений – Тип 1...Тип 7 (прил. 4) – должны быть вычерчены на отдельном листе бумаги формата А4 и представлены или в тексте, или в виде графического приложения.

Заданные типы поперечных сечений предусматривают использование различных источников поступления грунта для отсыпки участков земполотна дороги. Например, тип 5 предусматривает, что для отсыпки первого участка трассы дороги должен быть использован грунт, разработанный в правостороннем притрассовом резерве (20 %), грунт, разработанный в левостороннем притрассовом резерве (20 %), и привозной грунт, разработанный в карьере (60 %). В пояснительной записке необходимо дать описание каждого из четырех типов поперечных сечений для каждого участка проектной трассы дороги (рис. 2).

Вариант Т.і – вариант технологии возведения земполотна автомобильной дороги; Т.і = Т.1...Т.4 (прил. 5). Каждый вариант технологии (Т.і) предусматривает необходимый перечень рабочих операций, который надо выполнить, чтобы отсыпать земполотно дороги по всей проектной трассе, состоящей из четырех участков. Кроме того, вариант технологии (Т.і) предусматривает для выполнения каждой запланированной рабочей операции использование различных типов и марок машин (исполнителей).

Вариант технологии (Т.і) предусматривает возможность отсыпки земполотна дороги с использованием всех возможных источников поступления грунта. Вариант Р.і определяет конкретные источники для отсыпки земполотна дороги. Например, вариант Р.5 для различных участков трассы дороги предусматривает использование следующих источников:

- участок 1 (Тип 5) – грунты из левого, правого резерва и карьера;
- участок 2 (Тип 4) – грунт из правого резерва и карьера;
- участок 3 (Тип 3) – грунт из левого резерва и карьера;
- участок 4 (Тип 2) – грунт из левого и правого резервов.

Это обстоятельство обуславливает необходимость адаптации запланированного перечня рабочих операций варианта Т.і к конкретным условиям отсыпки земполотна дороги согласно варианту Р.і.

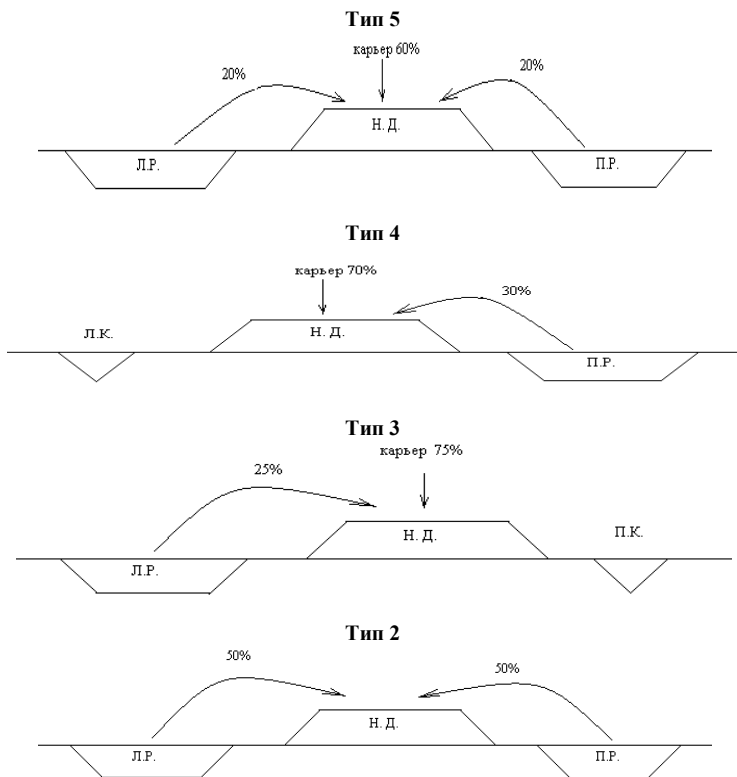


Рис. 2. Типы поперечных сечений насыпи земполотна автодороги

Вариант $V.i$ – вариант расчетной продолжительности выполнения запланированных работ на объекте (в рабочих днях). Работа – это рабочая операция, выполняемая одной машиной (исполнителем) на каждом участке проектной трассы дороги. Вариант $V.i$ также зависит от заданного варианта $T.i$. Так, вариант $T.1$ предусматривает возможность использования вариантов $V.1...V.7$ (прил. 6), вариант $T.2$ – $V.8...V.14$ (прил. 7), вариант $T.3$ – $V.15...V.21$ (прил. 8), вариант $T.4$ – $V.22...V.28$ (прил. 9).

После того, как выбраны и проанализированы все заданные варианты исходных данных ($P.i$, $T.i$ и $V.i$), необходимо составить сводную таблицу исходных данных для выполнения курсовой работы (табл. 3).

**Таблица 3. Исходные данные для выполнения курсового проекта
(пример для варианта задания № 11)**

№ п. п.	Наименование рабочей операции (вариант Т.1)	Марка машины (испол- нителя)	Расчетная продолжительность работ на участках трассы дороги (вариант В.5)			
			Учас- ток 1	Учас- ток 2	Учас- ток 3	Учас- ток 4
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	Звено	3	2	6	2
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	Б-10МБ	5	3	6	4
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь дороги	Б-10МБ	8	–	7	6
4	Разработка грунта в правом резерве с перемещением в насыпь дороги	ЕТ 18	12	10	-	6
5	Разработка грунта в карьере с погрузкой в транспортные средства	ЕТ 18	14	15	16	–
6	Транспортирование грунта из карьера в насыпь дороги	КамАЗ 6520	16	15	16	–
7	Послойное разравнивание грунта из левого резерва	Б-10МБ	4	–	3	4
8	Послойное разравнивание грунта из правого резерва	Б-10МБ	6	5	–	3
9	Послойное разравнивание грунта из карьера	Б-10МБ	14	14	12	–
10	Послойное уплотнение грунта из левого резерва	Амкодор 6811	4	–	4	5
11	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	Амкодор 6811	7	6	–	4
12	Послойное уплотнение грунта из карьера	Амкодор 6811	10	12	12	–
13	Профилирование гребня земляного полотна дороги	ДЗ-99-1-4	4	1	3	2
14	Устройство левых кюветов	ДЗ-99-1-4	–	1	–	–
15	Устройство правых кюветов	ДЗ-99-1-4	–	–	2	–

Примечание. В варианте задания № 11 для отсыпки земляного полотна автомобильной дороги необходимо выполнить все 15 запланированных рабочих операций согласно варианту Т.1.

3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Полностью выполненный курсовой проект, который может быть допущен к защите, должен состоять из расчетно-пояснительной записки, приложений и графической части.

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту должна содержать следующие главы (разделы) и параграфы:

ВВЕДЕНИЕ.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.

1.1. Варианты исходных данных.

1.2. Проектные параметры земполотна автомобильной дороги.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ (ОТСЫПКИ) ЗЕМПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.

2.1. Технологические схемы строительства и состав рабочих операций.

2.2. Профильные объемы рабочих операций и работ.

2.3. Машины (исполнители) для выполнения работ и рабочих операций и их характеристика.

2.4. Требуемые ресурсы для строительства автодороги и технико-экономические показатели принятой технологии.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ.

3.1. Нормативная продолжительность строительства объекта.

3.2. Расчет количественного состава исполнителей для производства работ.

3.3. Организационная схема работы машин (исполнителей).

3.4. Карточка-определитель работ объекта строительства.

4. СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА.

4.1. Топология сетевой модели организации производства работ.

4.2. Временные параметры сетевых моделей и способы их расчета.

5. КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.

5.1. Календарный план производства работ.

5.2. График поставки трудовых ресурсов (рабочей силы).

5.3. График поставки машин (исполнителей) на объект строительства.

5.4. График поставки топливно-смазочных материалов (ТСМ).

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Расчетно-пояснительная записка должна быть представлена в рукописном или машинописном (компьютерном) варианте на листах писчей бумаги формата А4 с соблюдением действующих стандартов.

В расчетно-пояснительной записке должны быть представлены следующие приложения:

Приложение 1. Топология сетевой модели организации производства работ.

Приложение 2. Сетевой график производства работ.

Приложения вычерчиваются на листах формата А3.

Графическая часть должна состоять из двух листов ватманской бумаги формата А1, на одном из которых вычерчивается календарный план производства работ на объекте, на другом – графики поставок ресурсов на объект строительства.

Все приложения должны быть пронумерованы, иметь наименования, перечень условных обозначений и привязку к тексту расчетно-пояснительной записки. Все приложения и графическая часть подшиваются в конце расчетно-пояснительной записки после списка использованной литературы.

4. ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Рекомендации по выбору необходимых исходных данных для выполнения проекта на основании выданного индивидуального варианта задания подробно изложены в разделе 2.

4.1. Технология возведения земполотна автомобильной дороги

Как уже отмечалось выше, конкретный вариант технологии возведения земполотна автомобильной дороги (вариант Т.і) определяется по варианту задания. При выполнении данной главы курсовой работы необходимо адаптировать предлагаемый вариант технологии к конкретным условиям работы с учетом варианта Р.і.

4.1.1. Технологические схемы строительства и состав рабочих операций

Согласно существующей классификации, земполотно автомобильных дорог относится к классу качественных насыпей. К таким насыпям предъявляются следующие требования: прочность, статическая устойчивость, водонепроницаемость. Обеспечить выполнение этих требований можно лишь при условии надлежащего уплотнения грунта возводимой насыпи до необходимой проектной плотности. Так как уплотнение производится с помощью специальных грунтоуплотняющих машин, толщина уплотняемых слоев грунта назначается в зависимости от рабочих параметров принятой машины (от 0,2 до 0,4 м).

Если для отсыпки насыпи используются грунты из разных источников (карьер, правый резерв, левый резерв), то укладка их в насыпь с уплотнением производится поочередно в заранее определенной последовательности. Технологическая схема возведения земполотна дороги должна предусматривать эту последовательность с учетом заданных типов поперечных сечений для каждого участка проектной трассы дороги (см. вариант Р.і). Для того чтобы запроектировать оптимальную последовательность укладки грунта из различных источников в насыпь дороги необходимо предварительно составить схему планового расположения выемок и насыпей на объекте строительства и представить ее в виде рисунка. Например, для вариантов П.3, Р.5 этот рисунок будет иметь следующий вид (рис. 3).

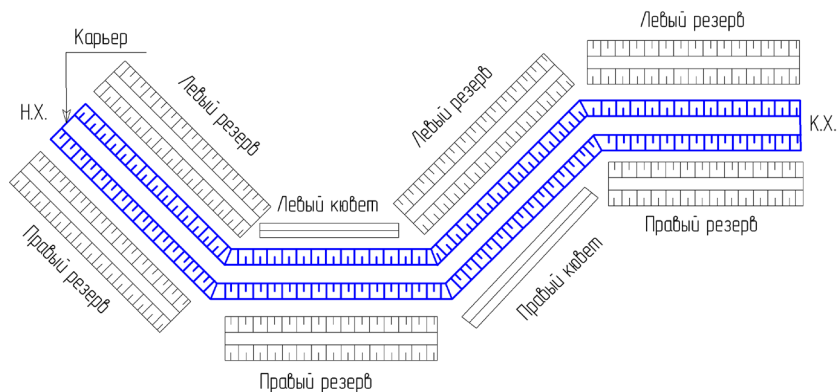


Рис. 3. Схема планового расположения выемок и насыпей на объекте (варианты П.3, Р.5)

Оптимальной можно считать такую последовательность возведения земполотна, которая обеспечивает одновременную (параллельную) отсыпку всех запланированных участков трассы дороги. Такая последовательность позволяет сократить расчетную продолжительность строительства объекта в целом. Планируемую последовательность отсыпки земполотна дороги необходимо представить в виде рисунка.

Например, для вариантов П.3, Р.5, Т.1 с учетом принятой схемы планового расположения выемок и насыпей (рис. 3) этот рисунок будет иметь следующий вид (рис. 4).

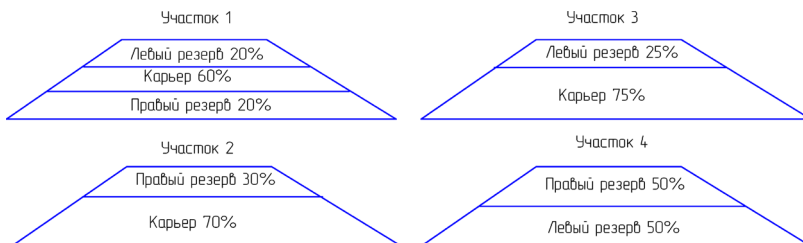


Рис. 4. Планируемая последовательность отсыпки земполотна дороги на различных участках проектной трассы

Согласно предлагаемой последовательности отсыпки земполотна, на участке 1 проектной трассы в первую очередь укладывается, разравнивается и уплотняется грунт из правого резерва (рабочие операции 4, 8, 11), затем укладывается, разравнивается и уплотняется грунт, доставленный из карьера (рабочие операции 5, 6, 9, 12). В последнюю очередь укладывается, разравнивается и уплотняется грунт, разработанный в левом резерве (рабочие операции 3, 7, 10).

На участке 2 в первую очередь укладывается, разравнивается и уплотняется грунт, доставленный из карьера (рабочие операции 5, 6, 9, 12), затем грунт из правого резерва (рабочие операции 4, 8, 11). На участке 3 в первую очередь укладывается, разравнивается и уплотняется грунт из карьера (рабочие операции 5, 6, 9, 12), затем грунт из левого резерва (рабочие операции 3, 7, 10).

На участке 4 в первую очередь укладывается, разравнивается и уплотняется грунт из левого резерва (рабочие операции 3, 7, 10), затем грунт из правого резерва (рабочие операции 4, 8, 11).

Необходимо установить технологическую последовательность выполнения рабочих операций для каждого участка проектной трассы дороги и полученный результат представить в форме табл. 4. Например, для варианта задания № 11 эта таблица должна содержать следующую информацию.

Таблица 4. Технологическая последовательность выполнения рабочих операций на участках проектной трассы дороги

Номер участка трассы дороги	Технологическая последовательность выполнения рабочих операций на объекте														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	2	4	8	11	5	6	9	12	3	7	10	13	—	—
2	1	2	5	6	9	12	4	8	11	13	14	—	—	—	—
3	1	2	5	6	9	12	3	7	10	13	15	—	—	—	—
4	1	2	3	7	10	4	8	11	13	—	—	—	—	—	—

Примечание. Цифры в данной таблице представляют собой порядковые номера рабочей операции согласно выданному варианту Т.1.

Принятая последовательность отсыпки земполотна дороги позволяет определить перечень рабочих операций для каждой трассы дороги; технологическую последовательность их выполнения на объекте; количество работ, которые необходимо выполнить на каждом участке и на объекте в целом. Запланированный состав рабочих операций для каждого участка проектной трассы дороги и необходимое количество работ на этих участках и на объекте в целом необходимо представить в табличной форме. Например, для вариантов Р.5, Т.1 эта таблица будет иметь следующий вид (табл. 5).

Таблица 5. Планируемый перечень рабочих операций и работ на объекте строительства

№ п. п.	Наименование рабочей операции (вариант Т.1)	Выполнение на участках				Количество работ
		Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4	
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	+	+	+	+	4
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	+	+	+	+	4
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь дороги	+	—	+	+	3
4	Разработка грунта в правом резерве с перемещением в насыпь дороги	+	+	—	+	3
5	Разработка грунта в карьере с погрузкой в транспортные средства	+	+	+	—	3
6	Транспортировка грунта из карьера в насыпь дороги	+	+	+	—	3
7	Послойное разравнивание грунта из левого резерва	+	—	+	+	3
8	Послойное разравнивание грунта из правого резерва	+	+	—	+	3
9	Послойное разравнивание грунта из карьера	+	+	+	—	3
10	Послойное уплотнение грунта из левого резерва	+	—	+	+	3
11	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	+	+	—	+	3
12	Послойное уплотнение грунта из карьера	+	+	+	—	3
13	Профилирование гребня земполотна дороги	+	+	+	+	4
14	Устройство левых кюветов	—	+	—	—	1
15	Устройство правых кюветов	—	—	+	—	1
Итого по объекту		13	11	11	9	44

Примечание. Знаком «+» отмечена необходимость выполнения рабочей операции на участке.

Из табл. 5 видно, что на первом участке проектной трассы дороги должны быть выполнены 13 рабочих операций из 15 предусмотренных вариантом Т.1 (см. табл. 3), на втором участке – 11 рабочих операций из 15, на третьем – 11 рабочих операций из 15 и на четвертом – 9 рабочих операций из 15. В целом для возведения земполотна автомобильной дороги в соответствии с выданным вариантом задания № 11 необходимо выполнить 44 работы.

4.1.2. Профильные объемы рабочих операций и работ

В данном подразделе необходимо указать место и район строительства, которые студент выбирает самостоятельно. Например: межхозяйственная автомобильная дорога располагается в Горецком районе Могилевской области и соединяет г. Горки и п. Комаровичи. Проектируемая дорога предназначена для доставки сельскохозяйственных грузов и обеспечения транспортного сообщения между данными поселками. Строительство дороги позволит увеличить грузопассажирский поток между этими двумя населенными пунктами и уменьшить время и путь по маршруту сообщения.

Межхозяйственная автомобильная дорога представляет собой земляную насыпь с основными проектными параметрами.

Проектная протяженность дороги L составляет 6,0 км (см. план трассы).

По заданию земляная насыпь дороги разделена на четыре участка, сопрягаемых: в ПК17 – левый поворот; ПК21 – левый поворот; ПК42 – правый поворот. Трасса дороги имеет горизонтальные кривые с углом поворота на ПК17, равным 119° ; на ПК21 – 118° ; на ПК42 – 123° .

Проектная протяженность каждого участка дороги по курсовому заданию (см. рис. 1): $L_1 = 1,7$ км, $L_2 = 0,4$ км, $L_3 = 2,1$ км, $L_4 = 1,8$ км.

Для отсыпки земполотна используется супесь средняя: естественная плотность – $1,64$ т/м³, проектная плотность в насыпи дороги – $1,76$ т/м³.

Каждый участок имеет разное проектное сечение насыпи земполотна автодороги (рис. 5), обусловленное технологической схемой строительства (см бланк задания).

Определяем по исходным данным площадь (ω , м²) отсыпки земполотна каждого участка дороги по формуле:

$$\omega = (b + m \cdot H) H,$$

где b – проектная ширина земполотна дороги (см. задание), м;
 m – коэффициент заложения откосов в насыпь (см. задание), м;
 H – высота насыпи дороги (см. задание), м.

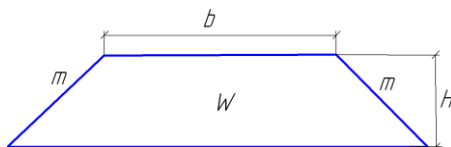


Рис. 5. Профили насыпи дороги

Определяем объем работ W по отсыпке земполотна каждого участка дороги по формуле:

$$W = \omega \cdot L,$$

где L – длина участка согласно плану (см. рис. 1).

После определения объемов работ для каждого участка необходимо определить количество грунта, привозимого из разных источников.

Например, для отсыпки первого участка трассы дороги должен быть использован грунт, разработанный в правостороннем притрассовом резерве (20 %), грунт, разработанный в левостороннем притрассовом резерве (20 %), и привозной грунт, разработанный в карьере (60 %).

Определяем суммарный объем работ ($\sum W$, м³) по отсыпке земполотна дороги по формуле:

$$\sum W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4.$$

Завершающим этапом данного раздела является определение общего количества грунта из каждого источника для отсыпки всех участков.

4.1.3. Машины (исполнители) для выполнения работ и рабочих операций и их характеристика

Заданием на курсовой проект, согласно варианту Т.і, заданы марки машин для выполнения каждой запланированной рабочей операции (см. табл. 3 для варианта задания № 11).

В настоящем параграфе необходимо дать характеристику этим машинам, т. е. определить тип машины (экскаватор, скрепер, бульдозер, грейдер и т. п.); основные рабочие (технологические) параметры ма-

шин (вместимость ковша, вид рабочего оборудования, марка базовой машины, грузоподъемность, ширина захвата и т. п.); технико-эксплуатационные показатели их использования (часовая норма расхода дизельного топлива). Типы машин и их технико-эксплуатационные показатели можно принять по данным прил. 10. Основные рабочие (технологические) параметры машин необходимо выписать из их технических характеристик, приведенных в действующих нормативных документах или в справочной литературе по мелиоративным, строительным и дорожным машинам. Результаты выполнения данного параграфа необходимо представить в форме табл. 6.

Таблица 6. **Машины (исполнители) для выполнения работ и рабочих операций на объекте и их характеристика**

№ п. п.	Марки машин	Типы машин	Номера выполняемых рабочих операций	Часовая норма расхода топлива $N_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$, кг/ч	Рабочие (технологические) параметры машин
1	2	3	4	5	6

Примечание. В таблицу следует заносить только те типы и марки машин, которые будут работать на объекте в соответствии с заданными вариантами Т.і.

4.1.4. Требуемые ресурсы для строительства автодороги и технико-экономические показатели принятой технологии

Заданием предусмотрено определение необходимого количества основных видов ресурсов для возведения земполотна автомобильной дороги. К числу таких ресурсов относятся: планируемые затраты рабочего времени; планируемые затраты труда; планируемые затраты топливно-смазочных материалов; планируемые энергозатраты; себестоимость выполнения работ и рабочих операций на объекте.

Исходными данными для выполнения расчетов по определению необходимого количества ресурсов являются: запланированный перечень рабочих операций (вариант Т.і); расчетная продолжительность выполнения запланированных работ на участках проектной трассы дороги для каждой рабочей операции (вариант В.і); технико-эксплуатационные показатели использования машин на объекте строительства (табл. 6).

Расчет потребности строительства в ресурсах необходимо производить в форме табл. 7.

Таблица 7. Расчет потребности строительства в ресурсах

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Марки машин	Технико- эксплуатационные показатели		Расчетная продолжи- тельность рабочих операций, $T_{p,i}$, раб. дн.	Планируемые затраты ресурсов		
			N_d , кВт	$H_{TSM}^ч$, кг/ч		ЗВ, ч	ЗТ, чел.-ч	Q, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
...								
Всего по объекту						Σ	Σ	Σ

Алгоритм заполнения табл. 7 должен быть следующим (пример – вариант № 11):

- графы 1, 2, 3 заполняются согласно данным табл. 3;
- графы 4, 5 заполняются для каждой рабочей операции согласно данным табл. 6;
- графа 6 (расчетная продолжительность рабочих операций $T_{p,i}$, раб. дн.) заполняется согласно варианту В.і. Численное значение этой графы для каждой рабочей операции определяется как сумма расчетных продолжительностей выполнения работ на каждом участке проектной трассы дороги и вычисляется по формуле:

$$T_{p,i} = \sum_{j=1}^k t_j,$$

где j – номера участков трассы дороги, на которых планируется выполнение i -й рабочей операции, $j = 1, \dots, k$;

t_j – расчетная продолжительность i -й рабочей операции на j -м участке трассы дороги (согласно варианту В.і), раб. дн.

Например, расчетная продолжительность выполнения рабочей операции по снятию растительного грунта (рабочей операции № 2) составит:

$$T_{p,2} = 5 + 3 + 6 + 4 = 18 \text{ раб. дн.};$$

- графа 7 (планируемые затраты рабочего времени ЗВ_і). Численное значение ЗВ_і (ч) для каждой рабочей операции вычисляется по формуле:

$$3B_i = T_{p.i} \cdot t_{cm} \cdot K_{cm.i}$$

где t_{cm} – установленная продолжительность рабочей смены, ч (для пятидневной рабочей недели $t_{cm} = 8$);

$K_{cm.i}$ – планируемый коэффициент сменности работы машины, выполняющей i -ю рабочую операцию (в курсовой работе $K_{cm.i}$ для всех машин можно принимать равным 1).

Например, планируемые затраты рабочего времени на снятие растительного грунта с трассы дороги составят:

$$3B_2 = 18 \cdot 8 \cdot 1 = 144 \text{ ч};$$

– графа 8 (планируемые затраты труда $3T_i$). Численные значения $3T_i$ (чел.-ч) для каждой рабочей операции вычисляются по формуле:

$$3T_i = 3B_i \cdot N_{ч},$$

где $N_{ч}$ – норма численности, т. е. количество рабочих, обслуживающих работу одной машины, выполняющей i -ю рабочую операцию, чел.

Например, планируемые затраты труда на снятие растительного грунта с трассы дороги составят:

$$3T_2 = 144 \cdot 1 = 144 \text{ чел.-ч};$$

– графа 9 (планируемые затраты топливно-смазочных материалов, Q_i). Численные значения Q_i (кг) для каждой рабочей операции (кроме первой) вычисляются по формуле:

$$Q_i = 3B_i \cdot N_{TSM.i}^q$$

Например, планируемые затраты ТСМ для бульдозера Б-10МБ, снимающего растительный грунт с трассы дороги (рабочая операция № 2), составят:

$$Q_2 = 144 \cdot 17,1 = 2462,4 \text{ кг},$$

где $N_{TSM.2}^q$ – часовая норма расхода ТСМ для бульдозера Б-10МБ, кг/ч

$$(N_{TSM.2}^q = 17,1);$$

Заполнив все графы и строки табл. 7, необходимо подсчитать планируемые затраты ресурсов по объекту строительства в целом. Для этого необходимо суммировать значения граф 7, 8, 9.

На основании полученных суммарных планируемых затрат ресурсов необходимо определить численные значения технико-экономических показателей принятой технологии возведения земполотна автомобильной дороги. Такими показателями являются:

1. Удельные затраты рабочего времени на единицу законченной продукции рабочего процесса (ч/м³), вычисляемые по формуле

$$ЗВ_{уд} = \frac{\sum ЗВ_i}{\sum W},$$

где $\sum ЗВ_i$ – суммарные планируемые затраты рабочего времени по объекту в целом, ч (суммарное значение графы 7 табл. 7);

$\sum W$ – суммарный объем грунта для всех участков проектной трассы дороги, м³ (см. п. 4.1.2).

2. Удельная трудоемкость единицы законченной продукции рабочего процесса (чел.-ч/м³), определяемая по формуле:

$$ЗТ_{уд} = \frac{\sum ЗТ_i}{\sum W},$$

где $\sum ЗТ_i$ – суммарные планируемые затраты труда по объекту в целом, чел.-ч (суммарное значение графы 8 табл. 7).

3. Удельные затраты ТСМ на единицу законченной продукции рабочего процесса (кг/м³), рассчитываемые по формуле:

$$q_{уд} = \frac{\sum Q_i}{\sum W},$$

где $\sum Q_i$ – суммарные планируемые затраты ТСМ по объекту в целом, кг (суммарное значение графы 9 табл. 7).

4. Энергоемкость единицы законченной продукции рабочего процесса (кВт·ч/м³), определяемая по формуле:

$$\mathcal{E}_{уд} = \frac{\sum \mathcal{E}_i}{\sum W},$$

где $\sum \mathcal{E}_i$ – суммарные планируемые энергозатраты по объекту в целом, кВт·ч (суммарное значение графы 10 табл. 7).

Вышеприведенные технико-экономические показатели являются критериями выбора наиболее рациональных энергосберегающих технологий строительства объектов любого назначения.

4.2. Организация производства работ на объекте

В настоящем подразделе курсового проекта необходимо изложить решение всех вопросов, связанных с расстановкой машин (исполнителей) на объекте строительства, с увязкой выполняемых ими запланированных рабочих операций и работ во времени и пространстве.

4.2.1. Нормативная продолжительность строительства объекта

Строительство любых объектов должно осуществляться в нормативные сроки.

Нормативным называется такой срок строительства объекта, который обеспечивает минимальные суммарные затраты времени на строительство основных его участников (заказчика и подрядчика) (см. задание).

В настоящее время нормативная продолжительность строительства объекта (в месяцах) определяется с помощью *СП 1.03.11-2023*.

Для применения *способа определения нормативной продолжительности* необходимо знать:

- а) вид строительного производства и назначение возводимого объекта;
- б) местоположение объекта строительства и его конструктивные особенности;
- в) величину нормообразующего показателя объекта.

Нормообразующим называется тот проектный параметр объекта, который наиболее значим для заказчика строительства (в дороге это длина).

При использовании данного способа для найденных объектов со стандартными значениями нормообразующего показателя (L) находят значение нормативной продолжительности (T_n). В тех случаях, когда фактическое значение показателя L_{ϕ} отличается от найденных стандартных $L_{ст}$, нормативную продолжительность определяют расчетом.

Применяют два метода расчета:

– *метод экстраполяции*:

а) $L_{\phi} \neq L_{ст}$;

б) $L_{\phi} < L_{ст}^{\min}$ или $L_{\phi} > L_{ст}^{\max}$.

При применении этого метода нормативная продолжительность строительства определяется по следующим формулам:

$$T_n^p = T_n^{\min} \cdot \sqrt[3]{\frac{L_\phi}{L_n^{\min}}}, \text{ или } T_n^p = T_n^{\max} \cdot \sqrt[3]{\frac{L_\phi}{L_n^{\max}}};$$

– метод интерполяции:

а) $L_\phi \neq L_{\text{ст}}$;

б) $L_\phi > L_{\text{ст}}^{\min}$;

в) $L_\phi < L_{\text{ст}}^{\max}$.

При применении этого метода алгоритм действий следующий:

1. В ТКП находят ближайшее большее ($L_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$) и ближайшее меньшее ($L_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$) значения стандартных нормообразующих показателей данного объекта и соответствующую им нормативную продолжительность ($T_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$ и $T_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$).

2. Определяют величину изменения нормативной продолжительности в найденном интервале, приходящейся на единицу изменения нормообразующего показателя по формуле:

$$\Delta T_n = (T_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - T_{\text{ст}}^{\text{БМ}}) / (L_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - L_{\text{ст}}^{\text{БМ}}).$$

3. Определяют величины отклонения фактической нормативной продолжительности от найденных, ближайшее большее ($L_{\text{ст}}^{\text{ББ}}$) и ближайшее меньшее ($L_{\text{ст}}^{\text{БМ}}$) значения по следующим формулам:

$$\Delta L_1 = L_\phi - L_{\text{ст}}^{\text{БМ}}, \text{ или } \Delta L_2 = L_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - L_\phi.$$

4. Определяют величины нормативной продолжительности строительства данного объекта по следующим формулам:

$$T_{n1}^p = T_{\text{ст}}^{\text{БМ}} + \Delta T_n \cdot \Delta L_1, \text{ или } T_{n2}^p = T_{\text{ст}}^{\text{ББ}} - \Delta T_n \cdot \Delta L_2.$$

Определенная любым способом нормативная продолжительность обязательно корректируется с учетом конструктивных особенностей и климатических условий района строительства.

Корректировка производится умножением найденной продолжительности на соответствующие коэффициенты.

Например: если объект строится в районе, где продолжительность зимнего периода превышает 140 сут, то необходимо использовать коэффициент, равный 1,2, и т. д.

После того как значение T_n будет откорректировано, устанавливают календарные сроки начала и окончания строительства. Эти сроки устанавливают в соответствии с Рекомендациями Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

4.2.2. Расчет количественного состава исполнителей для производства работ

Для расчета количественного состава исполнителей могут быть использованы два метода расчета:

- метод равнозагруженности машин в условиях объекта;
- метод согласованной работы машин в условиях объекта.

Алгоритм метода равнозагруженности следующий:

- из запланированных перечней рабочих операций рассматриваемого спецпотока выбирают основную по назначению, она должна формировать конечную продукцию спецпотока, максимальные затраты труда и стоимость;

- машины, с помощью которых планируется выполнять основную рабочую операцию, называются ведущими машинами комплекта, их необходимое количество (шт.) определяют по формуле:

$$N_o \geq \frac{ЗВ_o}{T_{ст} \cdot K_{п.в} \cdot t_{см} \cdot K_{см.в}},$$

где $ЗВ_o$ – планируемые затраты рабочего времени на выполнение основной рабочей операции, ч (см. табл. 7);

$T_{ст}$ – планируемая продолжительность строительства дороги (расчет см. в п. 4.2.1), кал. дн.;

$K_{п.в}$ – коэффициент перевода календарных дней в рабочие;

$t_{см}$ – установленная продолжительность рабочей смены, ч;

$K_{см.в}$ – планируемый коэффициент сменности работы машины в условиях данного объекта.

Коэффициент перевода календарных дней в рабочие определяется по результатам планирования режима работы машины в условиях строительной организации. Величина данного коэффициента ($K_{п.в} = 0,25 \dots 0,65$) зависит от трех факторов:

- а) типа и марки машины;

- б) места расположения объекта строительства;
- в) периода времени года, в котором запланировано использование данной машины.

Полученные значения N_o (шт.) округляют до большего целого числа:

$$N_o = N_{o.pr},$$

где N_o – полученное число по расчету;

$N_{o.pr}$ – принятое количество основных машин.

Полученное значение сравнивают с наличием машин данной марки в подрядной организации. Если в организации больше машин данной марки, то принимают принятое количество. Если же меньше, то возвращаются к расчету количества машин.

Чтобы сократить расчетное количество ведущих машин можно использовать следующие мероприятия:

- а) увеличить, если это возможно, коэффициент сменности работы на объекте;
- б) увеличить продолжительность строительства данного объекта.

Если же указанные мероприятия не дают желаемого результата, то принимают то количество машин, которое имеется в строительной организации.

Например, в строительной организации имеется по четыре единицы каждого исполнителя. Если при расчете оказалось больше, то необходимо принять для данной работы только четыре исполнителя;

- остальные машины, выполняющие все остальные операции, называются неведущими или комплектующими, их необходимое количество определяют по формуле:

$$N_i \geq \frac{N_{o.pr} \cdot K_{cm.o} \cdot 3B_i}{3B_o \cdot K_{cm.i}},$$

где i – номер рассматриваемой рабочей операции;

$3B_i$ – планируемые затраты времени для выполнения i -й рабочей операции на объекте, ч;

$K_{cm.i}$ – коэффициент сменности для машины, выполняющей i -ю рабочую операцию.

Полученное значение округляют до большего целого:

$$N_i = N_{pr}.$$

Расчет производится в форме табл. 8.

Таблица 8. Расчетное количество машин для выполнения рабочих операций

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Типы и марки машин	Планируемые затраты времени, ч	Необходимое количество	
				по расчету	принятое

Окончательно необходимое количество машин в комплекте для данного объекта с учетом того, что несколько машин могут выполнять несколько рабочих операций, определяется в табл. 9.

Таблица 9. Расчетное количество машин в составе комплекта

№ п. п.	Типы и марки машин	Номера рабочих операций, выполняемых на объекте	Требуемое количество		Порядковый номер приня- той машины
			по расчету	принятое	

Для дальнейшего расчета в данном параграфе будет принято следующее количество исполнителей и их порядковые номера для каждой рабочей операции (табл. 10).

Таблица 10. Количество и порядковые номера состава комплекта машин

№ п. п.	Наименование рабочей операции	Машины (исполнители)		
		Марка	Кол-во	Номера
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	Звено	1	№ 1
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	Б-10МБ	1	№ 2
3	Разработка грунта в левом резерве с преремещением в насыпь дороги	Б-10МБ	1	№ 3
4	Разработка грунта в правом резерве с преремещением в насыпь дороги	ЕТ 18	1	№ 4
5	Разработка грунта в карьере с погрузкой в транспортные средства	ЕТ 18	2	№ 5, 6
6	Транспортирование грунта из карьера в насыпь дороги	КамАЗ 6520	3	№ 7, 8, 9
7	Послойное разравнивание грунта из левого резерва	Б-10МБ	1	№ 2
8	Послойное разравнивание грунта из правого резерва	Б-10МБ	1	№ 2
9	Послойное разравнивание грунта из карьера	Б-10МБ	1	№ 3
10	Послойное уплотнение грунта из левого резерва	Амкодор 6811	1	№ 10
11	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	Амкодор 6811	1	№ 10
12	Послойное уплотнение грунта из карьера	Амкодор 6811	1	№ 10
13	Профилирование гребня земполотна дороги	ДЗ-99-1-4	1	№ 11
14	Устройство левых кюветов	ДЗ-99-1-4	1	№ 11
15	Устройство правых кюветов	ДЗ-99-1-4	1	№ 11

4.2.3. Организационная схема работы машин (исполнителей)

Расстановка принятых машин для выполнения запланированных рабочих операций и работ на объекте в соответствии с расчетом проектируется с помощью организационной схемы работы машин (ОСРМ).

Организационная схема работы машин представляет собой проектный документ, определяющий границы фронта работы каждой принятой машины для каждой запланированной рабочей операции и устанавливающий оптимальную очередность выполнения работ этой машиной в границах выделенного ей фронта работы. При строительстве линейно-протяженных сооружений (дороги, дамбы, каналы, трубопроводы, водоводы и т. п.) ОСРМ должна определять оптимальное направление движения машины при выполнении порученных ей работ в границах выделенного ей фронта.

Фронтом работы машины (захваткой) называют часть строящегося объекта (или его отдельные конструктивные элементы), в границах которого рассматриваемая машина должна выполнить порученную ей рабочую операцию.

Для рассматриваемой рабочей операции объект разбивается на захватки в том случае, если для ее выполнения запланировано использование двух и более машин. Исключение составляют те рабочие операции, выполнение которых запланировано вне строящегося объекта (разработка грунта в карьере, транспортирование грунта из карьера в насыпь дороги). Если для выполнения рабочей операции используется одна машина (исполнитель), то ее фронтом работы (захваткой) является весь объект. Таким образом, количество захваток, на которое должен быть разделен объект строительства, численно должно равняться количеству машин, с помощью которых планируется выполнять рассматриваемую рабочую операцию. Выделяемые захватки должны иметь четкие границы. Как правило, при строительстве автомобильных дорог такими границами могут служить границы отдельных участков проектной трассы дороги (см. вариант П.і).

Объемы выделяемых захваток по возможности должны быть равновеликими по продолжительности работы на них принятых машин, т. е. время работы каждой из принятых машин, выполняющих рассматриваемую рабочую операцию в границах выделенной ей захватки, должно быть приблизительно одинаковым.

Например, если не требуется делить объект строительства на захватки, так как для выполнения рабочих операций планируется использовать только по одной машине, рабочие операции, для выполнения которых запланировано соответственно 2 и 3 машины, выполняются вне границ данного объекта и определять объемы и границы захваток для них не обязательно. Таким образом, для всех запланированных рабочих операций фронтом работы (захваткой) принятых машин является весь объект, т. е. вся проектная трасса дороги.

В границах выделенных захваток принятая машина должна выполнять определенное количество работ. **Работа** – это рабочая операция, выполняемая одной машиной на конкретном участке проектной трассы дороги.

Например: рабочую операцию «Детальная строительная разбивка трассы дороги» должно выполнять одно звено геодезистов № 1. Эта рабочая операция должна быть выполнена на каждом из четырех участков проектной трассы дороги. Это означает, что звено № 1 обязано выполнить на объекте 4 работы.

Рабочую операцию «Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь дороги» планируется выполнить одним бульдозером Б-10МБ № 3, при этом она запланирована только на трех участках проектной трассы (1, 3, 4). Это означает, что Б-10МБ, выполняя рабочую операцию № 3, должен выполнить на объекте 3 работы, но если при этом запланировано выполнение рабочей операции «Послойное разравнивание грунта из карьера», которая должна быть выполнена на участках 1, 2, 3, то бульдозер Б-10МБ № 3 должен выполнить на объекте еще 3 работы. Такой вариант предусматривает, что бульдозер Б-10МБ должен выполнить на объекте 6 работ для двух рабочих операций. Аналогичным образом этот вопрос решается и для остальных машин и рабочих операций согласно вариантам Т.і и К.і.

Организационная схема работы машин предусматривает установление оптимальной очередности выполнения этих работ на объекте. Критериями оптимальности должны служить:

- возможность выполнения последующих работ на соответствующих участках трассы дороги, предусмотренных технологией в соответствии с ранее принятой последовательностью отсыпки земполотна из различных источников грунта;

– минимальные по протяженности и продолжительности переходы машины с одной работы на другую (смена рабочих мест).

Например, для вариантов Т.1, Р.5, В.5 с учетом вышеизложенного для бульдозера Б-10МБ № 3 оптимальной очередностью выполнения 6 запланированных работ можно считать следующую:

Работа 1 – рабочая операция № 3 на участке 4.

Работа 2 – рабочая операция № 9 на участке 3.

Работа 3 – рабочая операция № 9 на участке 2.

Работа 4 – рабочая операция № 9 на участке 1.

Работа 5 – рабочая операция № 3 на участке 1.

Работа 6 – рабочая операция № 3 на участке 3.

Так как автомобильная дорога является линейно-протяженным сооружением (объектом) ОСРМ должна определить оптимальные направления движения машины при выполнении всех запланированных для нее работ в соответствии с принятой очередностью. Критерием оптимальности направления движения должны служить минимальные по протяженности и продолжительности переходы машины с одной работы на другую. Применительно к условиям данного объекта (автомобильная дорога) возможны два варианта направлений движения машин.

Вариант 1 – выполнение работы производится при движении машины от нулевого пикета проектной трассы дороги (НХ) к конечному пикету (КХ). На ОСРМ этот вариант изображается горизонтальной стрелкой, ориентированной слева направо (→).

Вариант 2 – выполнение работы производится при движении машины от конечного пикета проектной трассы дороги (КХ) к нулевому (НХ). На ОСРМ этот вариант изображается горизонтальной стрелкой, ориентированной справа налево (←).

Организационная схема работы машин на объекте строительства проектируется и составляется в форме табл. 11.

Таблица 11. **Организационная схема работы машин на объекте** (вариант задания № 11)

№ п. п.	Наименование рабочей операции	Машины (исполнители)			Границы фронта работы (захватки)	Очередность работ и направление движения машин							
		Марка	Кол-во	Номера		Участок 1		Участок 2		Участок 3		Участок 4	
						О	Н	О	Н	О	Н	О	Н
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	Звено	1	№ 1	1, 2, 3, 4	4	←	3	←	2	←	1	←
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	Б-10МБ	1	№ 2	1, 2, 3, 4	4	←	3	←	2	←	1	←
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь дороги	Б-10МБ	1	№ 3	1, 3, 4	5	→	Нет		6	→	1	←
4	Разработка грунта в пра- вом резерве с перемеще- нием в насыпь дороги	ЕТ 18	1	№ 4	1, 2, 4	1	→	2	→	Нет		3	←
5	Разработка грунта в карь- ере с погрузкой в тран- спортные средства	ЕТ 18	2	№ 5, 6	1, 2, 3	3	←	2	←	1	←	Нет	
6	Транспортирование грунта из карьера в насыпь доро- ги	КамАЗ 6520	3	№ 7, 8, 9	1, 2, 3	3	←	2	←	1	←	Нет	
7	Послойное разравнивание грунта из левого резерва	Б-10МБ	1	№ 2	1, 3, 4	10	←	Нет		9	←	7	→
8	Послойное разравнивание грунта из правого резерва	Б-10МБ	1	№ 2	1, 2, 4	5	→	6	→	Нет		8	←
9	Послойное разравнивание грунта из карьера	Б-10МБ	1	№ 3	1, 2, 3	4	←	3	←	2	←	Нет	
10	Послойное уплотнение грунта из левого резерва	Б-10МБ	1	№ 10	1, 3, 4	9	←	Нет		8	←	6	→

11	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	Амкодор 6811	1	№ 10	1, 2, 4	3	←	5	→	Нет		7	←
12	Послойное уплотнение грунта из карьера	Амкодор 6811	1	№ 10	1, 2, 3	4	→	2	←	1	←	Нет	
13	Профилирование гребня земполотна дороги	ДЗ-99-1-4	1	№ 11	1, 2, 3, 4	6	←	1	→	4	←	3	→
14	Устройство левых кюветов	ДЗ-99-1-4	1	№ 11	2	Нет		2	→	Нет		Нет	
15	Устройство правых кюветов	ДЗ-99-1-4	1	№ 11	3	Нет		Нет		5	←	Нет	

Примечание. О – принятая очередность выполнения запланированных работ на объекте; Н – принятое направление движения машин при выполнении запланированных рабочих операций на объекте; (←) – работы выполняются в направлении движения машины от конца хода (КХ) к началу хода (НХ); (→) – работы выполняются в направлении движения машины от НХ к КХ; нет – работы на объекте не выполняются (не предусмотрены технологией строительства и выданным вариантом задания).

4.2.4. Карточка-определитель работ объекта строительства

Карточка-определитель представляет собой проектный документ, определяющий расчетную продолжительность выполнения запланированных работ и рабочих операций на объекте в соответствии с принятой организационной схемой исполнителя.

Для составления карточки-определителя необходимо знать:

- запланированный перечень рабочих операций и работ на объекте;
- профильный объем рабочих операций и работ на объекте;
- величины технических норм для выполнения рабочих операций и работ на объекте в соответствии с условиями их выполнения и принятыми типами и марками машин.

Расчетными параметрами карточки-определителя являются:

- расчетная продолжительность выполнения работ на объекте (раб. дн.), определяется по формуле:

$$t_{i-j} = \frac{W_{i-j}}{H_{\text{пр.}i-j}},$$

где i – номер рабочей операции;

j – номер рабочего места;

W_{i-j} – профильный объем i -й рабочей операции на j -м рабочем месте;

$H_{\text{пр.}i-j}$ – норма производительности выполнения i -й рабочей операции на j -м рабочем месте.

Норма производительности определяется по формуле:

$$H_{\text{пр.}i-j} = \frac{W_{\text{ед}}}{H_{\text{вр.}i-j}},$$

где $W_{\text{ед}}$ – единичный объем;

$H_{\text{вр.}i-j}$ – норма времени согласно результатам нормирования;

- расчетная продолжительность выполнения рабочих операций на объекте (раб. дн.), определяемая по формуле:

$$T_i = \frac{W_i}{N_i^{\text{пр}} \cdot H_{\text{пр.}i}},$$

где W_i – профильный объем i -й рабочей операции на объекте;

$N_i^{\text{пр}}$ – принятое количество машин для выполнения i -й рабочей операции;

$H_{np.i}$ – средневзвешенная норма производительности машин для выполнения i -й рабочей операции, которая определяется по формуле:

$$H_{np.i} = \frac{\sum_{j=1}^n (H_{i-j}^{np} \cdot W_{i-j})}{\sum_{j=1}^n W_{i-j}},$$

где j – количество рабочих мест, на которых выполняется i -я рабочая операция, $j = 1$.

Карточка-определитель составляется в форме табл. 12.

Таблица 12. Карточка-определитель работ на объекте

№ п. п.	Наименования рабочих операций	Машины		Расчетная продолжительность работ, раб. дн.				Расчетная продолжительность рабочей операции, раб. дн.
		Марка	Номер	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4	

4.3. Сетевое моделирование организации производства работ на объектах строительства

4.3.1. Топология сетевой модели организации производства работ

В курсовом проекте в качестве модели организации производства работ на объекте предусмотрено использование сетевой модели. Модели данного вида на современном уровне развития науки, техники и технологии обладают следующими достоинствами:

- являются динамичными, т. е. все возможные изменения в ходе выполнения запланированных работ на объекте не вызывают необходимости пересмотра топологии самой модели;
- позволяют учесть все возможные зависимости между организуемыми работами и все необходимые перерывы между этими работами;
- дают возможность определить численные значения всех известных временных параметров организуемых работ, в том числе и величины резервов времени для каждой работы;
- позволяют установить перечень главных (основных) работ на объекте, выполнение которых требует первоочередного внимания от

производителя работ и от сроков выполнения которых зависит продолжительность строительства объекта в целом.

Графическое изображение запланированного хода выполнения работ на объекте в виде ориентированного математического графа [3] называется *сетевой моделью организации производства этих работ*.

Графическое изображение организуемых работ на объекте с увязкой их во времени и пространстве с помощью специальных элементов называется *топологией (структурой) сетевой модели*.

Топология сетевой модели организации производства работ состоит из следующих элементов:

– «**работа**» – это рабочая операция, выполняемая одной машиной (исполнителем) на каждом рабочем месте рассматриваемого объекта (участки проектной трассы дороги) и требующая затрат рабочего времени и других ресурсов. В сетевой модели «работа» изображается в виде горизонтальной сплошной стрелки произвольной длины, ориентированной всегда слева направо ($\longrightarrow$);

– «**событие**» – это факт начала либо окончания запланированных «работ» на объекте, необходимый и достаточный для начала или окончания последующих «работ», предусмотренных технологией строительства. Этот элемент сетевой модели не требует затрат никаких ресурсов. «Событие» изображается в виде круга произвольного диаметра. В сетевых моделях каждая из запланированных «работ» должна иметь два события, которые указываются в начале и конце стрелки, изображающей работу (рис. 6).



Рис. 6. Изображение работы и событий в сетевых моделях

В начале стрелки изображается так называемое «**начальное событие**» (НС), которое символизирует начало выполнения данной «работы» на объекте. В конце стрелки изображают так называемое «**конечное событие**» (КС), которое символизирует окончание этой «работы» на данном объекте.

«Ожидание» – это перерывы между запланированными «работами» на объекте, регламентированные различными причинами и обстоятельствами. Данный элемент сетевой модели требует затрат рабочего времени, но не требует затрат других видов ресурсов. В сетевых моделях «ожидание» изображается в виде сплошной стрелки произвольной длины, ориентированной в любом направлении. «Ожидание» не имеет собственных «событий». В зависимости от причин и обстоятельств, вызывающих необходимость перерывов между «работами», различают следующие виды «ожиданий»:

«технологические ожидания» (ТО) – это перерывы между «работами», регламентированные принятой технологией строительства объекта;

«природно-климатические ожидания» (ПКО) – это перерывы между «работами», регламентированные природно-климатическими, геологическими, гидрогеологическими условиями района и объекта строительства;

«организационные ожидания» (ОО) – это перерывы между «работами», регламентированные организационными или производственными условиями объекта строительства.

В курсовой работе все варианты технологии (Т.і) не предусматривают наличия каких-либо перерывов между запланированными «работами», т. е. ТО, ПКО и ОО можно не учитывать, так как в задании на проектирование не оговорены особые условия района и объекта строительства.

«Зависимость» – это обусловленность возможности начала или окончания запланированных «работ» на объекте какими-либо обстоятельствами. Данный элемент сетевой модели не требует затрат никаких ресурсов, изображается в виде прерывистой стрелки произвольной длины, ориентированной в любом направлении. «Зависимость» также не имеет собственных «событий».

К обстоятельствам, обуславливающим возможность начала или окончания «работ», чаще всего относят:

- а) технологическую последовательность выполнения рабочих операций на отдельных участках проектной трассы дороги;
- б) принятую последовательность укладки грунта в насыпь дороги из различных источников (карьер, левый резерв, правый резерв);
- в) последовательность выполнения работ на объекте согласно ОСРМ принятыми машинами и направления их движения;

- г) принятые методы организации работ на объекте;
- д) степень зависимости организуемых работ в условиях рассматриваемого объекта.

Исходя из того, какие обстоятельства обуславливают возможность начала или окончания «работ» на объекте, различают следующие виды «зависимостей»:

«технологическая зависимость» (ТЗ) – начало или окончание работ на объекте обуславливается использованием последовательного метода их организации. Эти работы могут принадлежать к одной или разным рабочим операциям, и для их выполнения могут быть использованы одни и те же или разные машины (исполнители);

«организационная зависимость» (ОЗ) – начало или окончание запланированных работ на объекте обуславливается использованием последовательного метода их организации, но при этом данные работы должны принадлежать к разным рабочим операциям, а выполнять их должна одна и та же машина (исполнитель);

«временная зависимость» (ВЗ) – начало или окончание запланированных работ на объекте обуславливается использованием параллельного метода их организации. Эти работы могут принадлежать к одной или разным рабочим операциям, но выполнять их должны разные машины (исполнители).

Для того чтобы определить вид «зависимости», который необходимо использовать при разработке топологии сетевой модели, нужно прежде всего определить, какой метод организации следует использовать для выполнения рассматриваемых работ. Известны два метода организации работ: последовательный и параллельный.

Последовательный метод организации работ предусматривает, что рассматриваемые работы на объекте должны выполняться последовательно одна за другой в заранее установленной очередности (см. ОСРМ). Каждая последующая работа может быть начата только после полного окончания предшествующей.

Параллельный метод организации работ предусматривает параллельное (т. е. одновременное) выполнение рассматриваемых работ. При этом данный метод допускает возможность незначительного расхождения в сроках начала или окончания этих работ (расхождение в сроках не более одного рабочего дня).

Для того чтобы определить, какой конкретно метод организации работ на объекте необходимо использовать, требуется установить к

какой группе по степени зависимости в условиях данного объекта относятся рассматриваемые работы и в каком направлении будут двигаться машины, которые должны их выполнять.

На любом объекте по степени зависимости выделяют три группы работ:

«зависимые» – это работы, принадлежащие к одной или разным рабочим операциям, но для выполнения которых предусмотрено использование одной и той же машины (исполнителя). Для выполнения данных работ можно использовать только последовательный метод их организации, т. е. в сетевой модели увязка их во времени и пространстве осуществляется с помощью ТЗ или ОЗ;

«независимые» – это работы, принадлежащие к одной или разным рабочим операциям и для выполнения которых предусмотрено использование разных машин. При этом такие работы не зависят друг от друга ни по технологии, ни по месту их выполнения. Для выполнения данных работ на объекте, как правило, используют параллельный метод их организации. В сетевой модели увязка их во времени и пространстве осуществляется с помощью ВЗ;

«полузависимые» – это работы, принадлежащие к разным рабочим операциям и для выполнения которых предусмотрено использование разных машин. При этом такие работы зависят друг от друга либо по технологии, либо по рабочему месту, на котором они должны быть выполнены. Для выполнения данных работ можно использовать оба метода их организации. Последовательный – если направления движения машин, выполняющих эти работы, не совпадают, и параллельный – если направления совпадают согласно принятой ОСРМ. В сетевой модели увязка таких работ во времени и пространстве может осуществляться с помощью любого вида «зависимости»: ТЗ, ОЗ или ВЗ.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что для того чтобы разработать топологию сетевой модели организации работ на объекте, необходимо увязать их во времени и пространстве с помощью различных видов «зависимостей».

Увязка работ во времени и пространстве осуществляется с соблюдением следующих правил:

1. Использование ТЗ и ОЗ. Если запланированные работы на объекте необходимо выполнять последовательным методом их организации, то в сетевых моделях с помощью ТЗ или ОЗ соединяют конечные и начальные события работ, которые планируется выполнять данным методом (рис. 7).

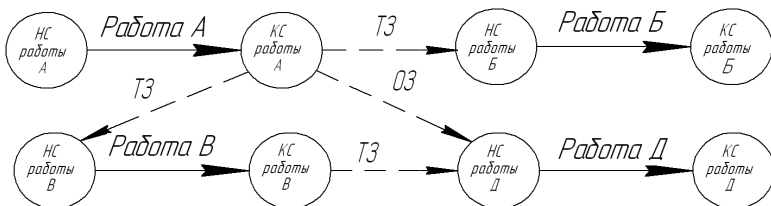


Рис. 7. Правило использования ТЗ и ОЗ

2. Использование ВЗ. Если запланированные работы на объекте необходимо выполнить с использованием параллельного метода их организации, то в сетевых моделях с помощью ВЗ соединяют: начальные события данных работ; конечные события этих работ; начальные и конечные события работ (рис. 8).

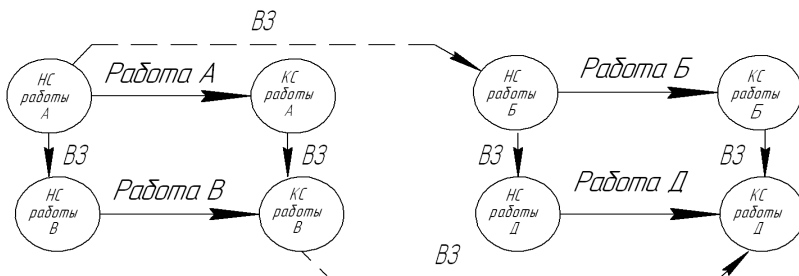


Рис. 8. Правило использования ВЗ

Если параллельным методом организуется выполнение «независимых» работ, то с помощью ВЗ соединяются только начальные или только конечные события этих работ. Если параллельным методом организуется выполнение «полузависимых» работ, то с помощью ВЗ соединяются начальные и конечные события этих работ.

3. Недопустимость «циклов». «Цикл» – это любая непрерывная последовательность «работ», «ожиданий» и «зависимостей», возвращающаяся в то событие модели, откуда она вышла (рис. 9).

На рис. 9 показан «цикл», который начинается в НС «работы В», проходит через «работу В», затем переходит на ВЗ, соединяющую КС «работы В» с КС «работы А». Затем цикл проходит по ОЗ, соединяющей КС «работы А» с НС «работы Д», проходит через «работу Д» и далее по ТЗ, соединяющей КС «работы Д» с НС «работы В», т. е. цикл

состоит из двух работ (В и Д) и трех зависимостей, одна из которых возвращает цикл в исходное положение (НС «работы В»).

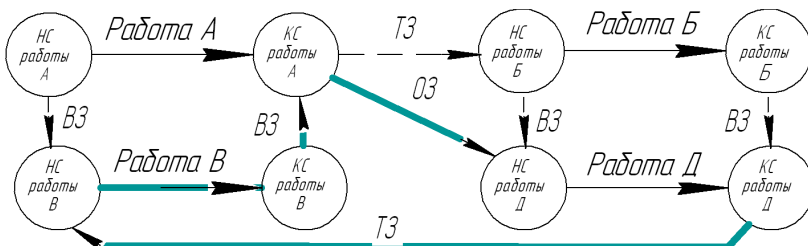


Рис. 9. Правило недопустимости «циклов»

Наличие «циклов» свидетельствует о том, что при составлении топологии сетевой модели нарушены технологические последовательности выполнения работ либо правила использования ТЗ, ОЗ и ВЗ. Наличие «цикла» делает модель нерасчетной, т. е. у такой модели невозможно определить численное значение временных параметров работ.

4. Недопустимость «тупиков» и «хвостов». «Тупик» – это конечное событие одной из работ модели, не имеющее последующих «ожиданий» и «зависимостей», но не являющееся завершающим событием этой модели.

«Хвост» – это начальное событие одной из работ модели, не имеющее предшествующих «ожиданий» и «зависимостей», но не являющееся исходным событием этой модели (рис. 10).

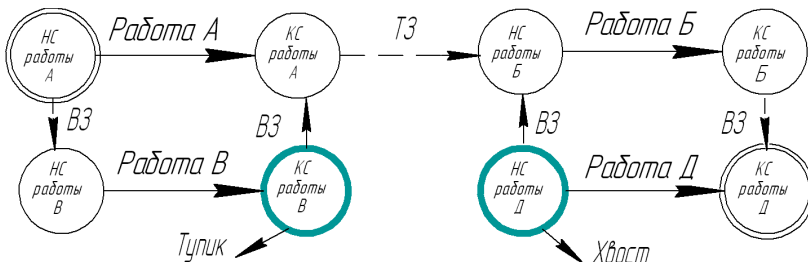


Рис. 10. Правило недопустимости «тупиков» и «хвостов»

На рис. 10 НС «работы А» является исходным событием сетевой модели, а КС «работы Д» – завершающим событием сетевой модели. КС «работы В» не имеет последующих «ожиданий» и «зависимостей»,

но оно не является ЗССМ для данной модели. Значит, это и есть «тупик». НС «работы Д» не имеет предшествующих «ожиданий» и «зависимостей», но оно не является ИССМ для данной модели. Значит, это и есть «хвост».

Наличие «тупиков» или «хвостов» свидетельствует о том, что при разработке топологии сетевой модели не учтены и не показаны все существующие «ожидания» или «зависимости» между работами.

Наличие в модели «тупиков» или «хвостов» делает сетевую модель нерасчетной.

5. Кодирование сетевой модели. В сетевой модели каждые «работы», «ожидание» и «зависимость» должны иметь собственный неповторимый код. Код «работы» состоит из номеров ее «начального события» и «конечного события». Коды «ожиданий» и «зависимостей» состоят из номеров тех событий, которые они соединяют согласно вышеизложенным правилам. При этом первая цифра кода не может быть больше второй цифры. Следовательно, чтобы установить коды «работ», «ожиданий» и «зависимостей», необходимо правильно пронумеровать все события рассматриваемой модели. Нумерация сетевой модели должна производиться по следующему алгоритму:

- на модели находят и обозначают двойным кружком исходное и завершающее события сетевой модели. Исходным событием сетевой модели (ИССМ), называют начальное событие самой первой работы на объекте, в которое не входит ни одна «зависимость». Завершающим событием сетевой модели (ЗССМ), называют конечное событие самой последней работы на объекте, из которого не выходит ни одна «зависимость»;

- нумерация должна производиться от исходного события сетевой модели к завершающему;

- первый порядковый номер присваивается исходному событию сетевой модели;

- на модели вычеркиваются все стрелки («работы» и «зависимости»), выходящие из пронумерованного события;

- следующий порядковый номер получает то событие модели, в которое входят только вычеркнутые стрелки. Если претендентов на следующий порядковый номер несколько, то их последовательно нумеруют сверху вниз и слева направо;

- последний порядковый номер обязательно должно получить завершающее событие сетевой модели (рис. 11).

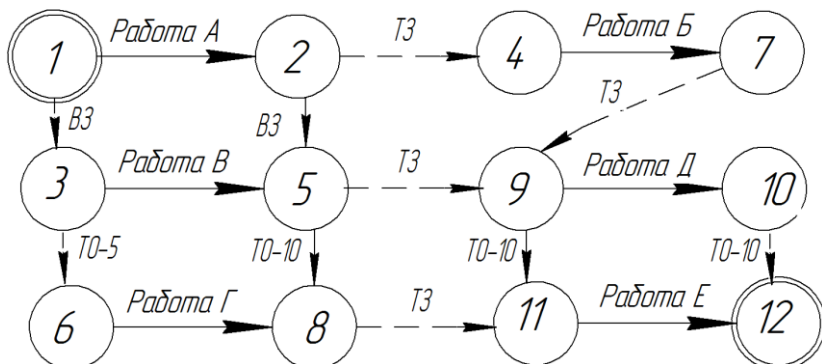


Рис. 11. Правило «кодирования» сетевой модели

После «кодирования» у каждой «работы» и «зависимости» появляется свой код. Например, «работа Б» имеет код 4–7; «работа Г» – код 6–8; «работа Д» – код 9–10; технологическое ожидание, соединяющее начальные события «работы В» и «работы Г» – код 3–6; технологическая зависимость, соединяющая КС «работы Б» и НС «работы Д» – код 7–9.

Принято, что первая цифра кода обозначается буквой *i*, а вторая – буквой *j*. Неправильная кодировка сетевой модели делает модель нерасчетной. Кроме того, предлагаемый алгоритм нумерации событий сетевой модели позволяет выявить ранее допущенные ошибки, связанные с нарушением вышеизложенных правил.

Разработку и составление топологии сетевой модели организации производства работ на объекте рекомендуется осуществлять по следующему алгоритму:

Шаг 1. Принимаем последовательность отсыпки земполотна дороги и установленную технологическую последовательность выполнения рабочих операций для каждого участка проектной трассы дороги согласно табл. 4.

Шаг 2. Используя данные ОСРМ, определяют для каждой принятой машины номера рабочих операций и номера участков трассы дороги, на которых планируется работа этих машин. Полученный результат представляется в форме табл. 13.

**Таблица 13. Распределение рабочих операций и работ на объекте
для принятых машин**

№ п. п.	Машины (исполнители)		Номер рабочей операции	Очередность выполнения работ на участках трассы дороги			
	Марка	Номера		Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4
1	Звено	№ 1	1	4	3	2	1
2	Б-10МБ	№ 2	2	4	3	2	1
			7	10	Нет	9	7
			8	5	6	Нет	8
...							

Шаг 3. На листе формата А3 вычерчивается специальная таблица (табл. 14). Эта таблица оформляется как приложение.

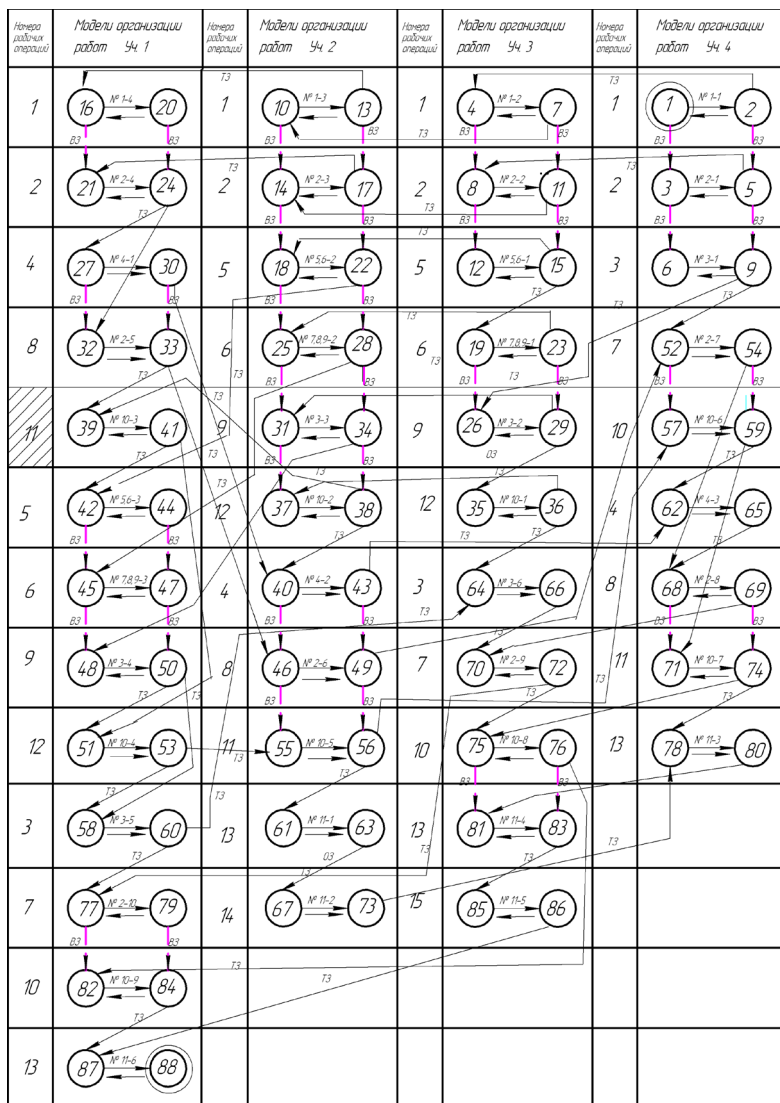
Шаг 4. В табл. 14 в соответствующих строках и графах изображаются все «работы», которые необходимо выполнить на объекте.

Шаг 5. Над каждой «работой» указывается очередность ее выполнения на объекте (см. табл. 11) и номер машины, которая эту работу будет выполнять.

Шаг 6. Под каждой «работой» указывается принятое направление движения машины при ее выполнении на объекте (см. табл. 11).

Шаг 7. Выполняется горизонтальная увязка работ модели во времени и пространстве. Горизонтальной она называется потому, что выполняется по строкам табл. 14. Горизонтальной увязке подлежат только «зависимые» и «независимые» работы сетевой модели. Как отмечалось выше, для выполнения зависимых работ можно применять только последовательный метод их организации. При применении такого метода для увязки используются «зависимости» вида ТЗ или ОЗ. Если рассматриваемые работы принадлежат к одной рабочей операции, то необходимо использовать ТЗ, если к разным – ОЗ. Согласно правилу 1 ТЗ и ОЗ соединяют конечные и начальные события рассматриваемых работ.

**Таблица 14. Топология сетевой модели организации производства работ
на объекте (вариант задания № 11)**



Например, рассмотрим горизонтальную увязку «зависимых» работ, которые на объекте будет выполнять Б-10МБ № 3 (вариант задания № 11). Всего этих работ 6, и выполнять их необходимо последовательно, в заранее установленной очередности (см. табл. 11). Работа 1 (рабочая операция № 3 на участке 4) и работа 2 (рабочая операция № 9 на участке 3) относятся к разным рабочим операциям, и для их увязки используем ОЗ, которая соединит конечное событие работы 1 (КС.1) с начальным событием работы 2 (НС.2). Работы 2 и 3 (рабочая операция № 9 на участке 2) относятся к одной рабочей операции № 9, и для их увязки используем ТЗ, которая соединит КС.2 с НС.3. Работы 3 и 4 (рабочая операция № 9 на участке 1) также относятся к одной рабочей операции, и для их увязки используем ТЗ, которая соединит КС.3 с НС.4. Работы 4 и 5 (рабочая операция № 3 на участке 1) относятся к разным рабочим операциям, и для их увязки используем ОЗ, которая соединит КС.4 с НС.5. Работы 5 и 6 (рабочая операция № 3 на участке 3) относятся к одной рабочей операции, и для их увязки используем ТЗ, которая соединит КС.5 с НС.6. Пример горизонтальной увязки приведен на рис. 12. Аналогичным образом осуществляется горизонтальная увязка всех остальных запланированных «зависимых» работ на объекте.

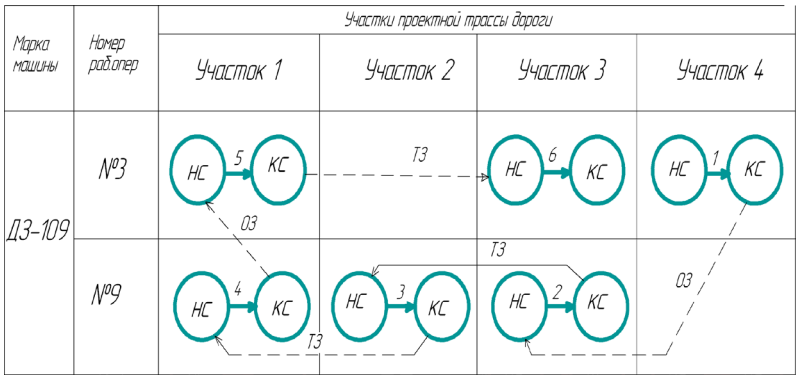


Рис. 12. Фрагмент табл. 14 по горизонтальной увязке «зависимых» работ для бульдозера Б-10МБ № 3 (вариант задания № 11)

«Независимые» работы в сетевой модели появляются лишь в том случае, если для выполнения какой-либо рабочей операции на объекте принято две или более машины. Исключение составляют рабочие опера-

ции, выполнение которых запланировано за пределами данного объекта (рабочие операции № 5 и № 6). Если рабочую операцию выполняют две и более машины, то для этой операции объект разбивают на захваты для каждой машины. В границах выделенных захваток у каждой машины появляется своя первая работа. Вот эти работы и будут «независимыми» для условий данного объекта. Такие работы рекомендуется выполнять с использованием параллельного метода их организации и для увязки их во времени и пространстве необходимо использовать правило 2, т. е. соединить начальные события этих работ с помощью ВЗ.

Шаг 8. Выполняется вертикальная увязка работ модели во времени и пространстве. Вертикальной она называется потому, что выполняется по графам табл. 14. Вертикальной увязке подлежат только «полузависимые» работы, т. е. работы, которые зависят друг от друга по технологии и рабочему месту их выполнения. Как отмечалось выше, для выполнения «полузависимых» работ можно использовать оба метода их организации. Последовательный – если направления движения машин, которые будут выполнять их, не совпадают. В этом случае для их увязки необходимо использовать ТЗ (см. правило 1). Параллельный – если направления движения машин совпадают. В этом случае для их увязки необходимо использовать ВЗ (см. правило 2). Исключение составляют работы, которые выполняются после уплотнения грунтов в насыпи дороги (независимо от источника поступления грунта). Увязка этих работ с предшествующим уплотнением должна выполняться с использованием ТЗ, независимо от направления машин, их выполняющих.

Например, рассмотрим вертикальную увязку работ на участке 1 проектной трассы дороги. Для участка 1 в соответствующей графе табл. 14 изображены все работы, которые должны быть выполнены на этом участке. При этом они расположены в необходимой технологической последовательности их выполнения. Рассмотрим работу 1 (работа № 4, звено № 1, рабочая операция № 1, участок 1) и работу 2 (работа № 4, Б-10МБ № 2, рабочая операция № 2, участок 1). Направления движения звена и бульдозера при выполнении данных работ совпадают (см. табл. 11). Это означает, что эти работы можно выполнить с применением параллельного метода их организации. Для их увязки используем ВЗ, которая соединяет начальные и конечные события этих работ (см. правило 2). Работы 2 и 3 (работа № 1, ЭО-4121 № 4, рабочая операция № 4, участок 1) – направления движения Б-10МБ № 2 и ЕТ 18 № 4 не совпадают (см. табл. 11). Это означает, что для работ 2 и 3 необходимо использовать последовательный метод их ор-

ганизации, а для их увязки – ТЗ, которая соединит начальное и конечное события этих работ (см. правило 1). Работы 3 и 4 (работа № 5, Б-10МБ № 2, рабочая операция № 8, участок 1) – направления движения ЕТ 18 № 4 и Б-10МБ № 2 совпадают. Это означает, что для данных работ необходимо использовать параллельный метод их организации, а для увязки – ВЗ, которая соединит начальные и конечные события этих работ. Ра-бота 5 (работа № 3, Амкодор 6811 № 10, рабочая операция № 11, участок 1) и работа 6 (работа № 3, ЭО-4121 № 5 и № 6, рабочая операция № 5, уча-сток 1) – направления движения машин совпадают, но работа 6 может быть начата только после окончания работы 5 (грунт, разработанный и уложенный в насыпь дороги из правого резерва должен быть уплотнен до необходимой проектной плотности). Это означает, что для данных работ необходимо использовать последовательный метод их организации, а для их увязки – ТЗ (см. правило 1). Пример вертикальной увязки для участка 1 представлен на рис. 13.

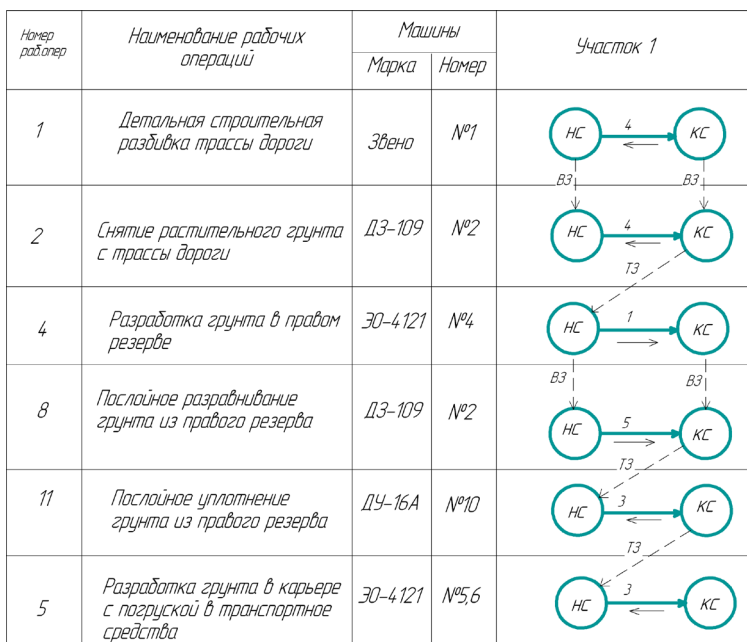


Рис. 13. Фрагмент табл. 14 по вертикальной увязке «полузависимых» работ на участке 1 проектной трассы дороги (вариант задания № 11)

Вертикальная увязка остальных работ для всех участков проектной трассы дороги производится аналогичным образом.

Шаг 9. Проверяется топология сетевой модели (см. табл. 14) на наличие «циклов», «тупиков» и «хвостов» (см. правила 3, 4). Если ошибки найдены, то их необходимо устранить.

Шаг 10. Производится кодирование работ сетевой модели. Используя правило 5, необходимо пронумеровать все события сетевой модели, топология которой представлена в табл. 14.

4.3.2. Временные параметры сетевых моделей и способы их расчета

Основные временные параметры работ в сетевой модели, позволяющие принимать оперативные управленческие решения в ходе строительства объекта, перечислены ниже.

1. Время раннего начала работ на объекте T_{i-j}^{pn} или время раннего свершения события сетевой модели T_{i-j}^{pc} .

2. Время позднего окончания работ на объекте T_{i-j}^{no} или время позднего свершения события сетевой модели T_{i-j}^{nc} .

3. Полный резерв времени работы R_{i-j}^n – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы (t_{i-j}) или сместить время ее раннего начала T_{i-j}^{pn} , не изменяя при этом расчетной продолжительности строительства объекта.

4. Свободный резерв времени работы $R_{i-j}^{c.n}$ – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы (t_{i-j}) или сместить время ее раннего начала T_{i-j}^{pn} , не изменяя при этом времени раннего начала всех последующих работ.

5. Свободный резерв времени работы $R_{i-j}^{c.nn}$ – количество рабочего времени, на которое можно увеличить расчетную продолжительность работы (t_{i-j}) или сместить время ее позднего начала T_{i-j}^{nn} , не изменяя при этом времени позднего начала всех последующих работ.

6. Потенциал события T_i^n – величина, которая показывает, сколько рабочего времени остается от момента свершения рассматриваемого события до окончания строительства объекта.

7. Продолжительность «критического» пути сетевой модели ($L_{кр}$) – это максимальная суммарная продолжительность «работ» и «ожиданий», лежащих на полном пути от исходного до завершающего события сетевой модели.

Полный путь – это любая непрерывная последовательность «работ», «ожиданий» и «зависимостей» от ИССМ до ЗССМ. У любой сетевой модели множество полных путей. Каждый из них характеризуется своей длиной, т. е. суммарной продолжительностью «работ» и «ожиданий», лежащих на этом пути («зависимости» не имеют продолжительности). Самый длинный полный путь называется критическим. Длина критического пути определяет расчетную продолжительность строительства объекта.

Помимо временных параметров работ сетевых моделей можно считать временные параметры самих сетевых моделей. К числу этих параметров относятся следующие:

1. Коэффициент сложности модели K_c .

$$K_c = (N_p + N_o + N_z) / N_c,$$

где N_p – количество работ в модели;

N_o – количество ожиданий всех видов в модели;

N_z – количество зависимостей всех видов;

N_c – количество событий сетевой модели.

Если коэффициент меньше двух, то такая модель называется не сложной, а если больше, то называется сложной.

2. $L_{кр}$ – длина критического пути – самый длинный по протяжённости путь от исходного до завершающего события сетевой модели. определяется на основании расчета и принимается равной расчетной продолжительности строительства.

3. НКП – направления критического пути – это последовательное перемещение тех событий сетевой модели (от исходного до завершающего) через который проходит критический путь. В сетевой модели может быть несколько НКП.

4. $T_{p,oi}^{\min}$; $T_{p,oi}^{\max}$ – минимальная и максимальная расчетная продолжительность выполнения i -й рабочей операции на объекте. Эти величины определяют минимально-возможную и максимально возможную расчетную продолжительность любой рабочей операции, не влияющей на длину критического пути сетевой модели.

5. $R_{p,oi}$ – резерв времени i -й рабочей операции на объекте.

$$R_{p,oi} = T_{p,oi}^{\max} - T_{p,oi}^{\min} \geq 0.$$

6. $T_{p.on}^{\min}$; $T_{p.on}^{\max}$ – минимальная и максимальная расчетная продолжительность работы i -й машины на объекте строительства (не зависимо от того какие рабочие операции выполняет эта машина) – это минимально-возможная и максимально-возможная расчетная продолжительность работ рассматриваемых машины на объекте не влияющая на длину пути сетевой модели.

7. $R_{p.n}$ – резерв времени работы i -й машины на объекте.

$$R_{p.n} = T_{p.n}^{\max} - T_{p.n}^{\min} \geq 0.$$

8. $T_{p,j}^{\min}$; $T_{p,j}^{\max}$ – минимальная и максимальная расчетная продолжительность рабочего процесса на i -м рабочем месте объекта – это минимально-возможная и максимально-возможная расчетная продолжительность рассматриваемого рабочего процесса, не влияющая на длину критического пути сетевой модели.

9. $R_{p,j}$ – резерв времени i -й рабочего процесса.

$$R_{p,j} = T_{p,j}^{\max} - T_{p,j}^{\min} \geq 0.$$

В зависимости от коэффициента сложности в сетевых моделях применяют два основных способа расчета временных параметров. Для несложных моделей рекомендуется использовать ручной (секторный) способ расчета параметров.

В курсовом проекте для расчета временных параметров рекомендуется использовать секторный способ расчета, но можно и принимать расчет с помощью персонального компьютера.

Секторный способ предусматривает форму записи результатов расчета, приведенную на рис. 14.

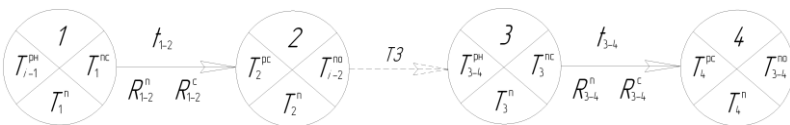


Рис. 14. Форма записи результатов при секторном способе расчета временных параметров сетевой модели

Каждое событие сетевой модели делится на четыре сектора:

- в левом секторе записывается T_{i-j}^{pn} или T_i^{pc} ;
- в правом секторе записывается T_{i-j}^{no} или T_i^{pc} ;

– в нижнем секторе записывается T_i^n над стрелкой, изображающей работу, и ее расчетная продолжительность (t_{i-j}) согласно варианту B_i (исходные данные). Если работу на объекте выполняет несколько машин, то ее расчетная продолжительность на каждом участке определяется путем деления расчетной продолжительности работы по варианту B_i на число машин. Это касается только работ, принадлежащих к рабочим операциям, выполнение которых запланировано за пределами данного объекта (рабочие операции № 5 и № 6);

– под стрелкой, изображающей работу, через точку с запятой записывается R_{i-j}^n и R_{i-j}^c .

Рекомендуется следующий алгоритм расчета временных параметров.

Шаг 1. На формате А3 вычерчивается топология сетевой модели (табл. 15) в форме табл. 14. События у модели должны иметь увеличенный размер, позволяющий разделить их на четыре сектора, в которых будут записаны результаты расчетов. На модели должны быть выделены ИССМ и ЗССМ. В верхнем секторе каждого события необходимо записать его порядковый номер, согласно приведенной кодировки. Все «зависимости» на сетевой модели должны быть сохранены. Над каждой стрелкой, изображающей работу, необходимо записать ее расчетную продолжительность.

Шаг 2. Определение величин T_{i-j}^{pn} или T_i^{pc} , которые записывают в левый сектор каждого события. Расчет производится от ИССМ к ЗССМ в порядке возрастания номеров события. В левом секторе первого события (ИССМ) записывается «ноль». Для последующих событий (в очередности 2, 3, 4, 5 и так до 88) значение T_{i-j}^{pn} или T_i^{pc} вычисляется по формуле:

$$T_{i-j}^{pn} (T_i^{pc}) = \max \left\{ T_{h-i}^{pn} (T_h^{pc}) + t_{h-i} \right\},$$

где h – номер «события», предшествующий в сетевой модели «событию» i , т. е. то «событие», с которым у «события» i , есть какая-либо связь («работа» или «зависимость»);

t_{h-i} – расчетная продолжительность «работы» или «зависимости», предшествующей «событию» i .

Необходимо учитывать, что все виды «зависимостей» имеют нулевую продолжительность, но обязательно должны учитываться при расчете временных параметров работ. Цифра, полученная для левого сектора ЗССМ, – это и есть планируемая расчетная продолжительность строительства объекта.

Шаг 3. Расчет величин $T_{i-j}^{по}$ или $T_i^{пс}$ которые записываются в правый сектор каждого события. Расчет производится от ЗССМ к ИССМ в порядке убывания номеров события (в очередности 88, 87, 86, 85 и т. д. до 1). В правом секторе ЗССМ записываются значения левого сектора этого события, т. е. принимается, что

$$T_{ЗССМ}^{рс} = T_{ЗССМ}^{пс}.$$

Для расчета $T_{i-j}^{по}$ или $T_i^{пс}$ используется следующая формула:

$$T_{i-j}^{по} (T_i^{пс}) = \min \left\{ T_{j-k}^{по} (T_k^{пс}) - t_{j-k} \right\},$$

где k – номер «события», последующего в сетевой модели «событию» j , т. е. «событие», с которым у «события» j есть какая-либо связь;

t_{j-k} – расчетная продолжительность «работы» («зависимости»), последующей за «событием» j .

При расчете $T_{i-j}^{по}$ или $T_i^{пс}$ необходимо обязательно учитывать, сколько «работ» и «зависимостей» выходит из рассматриваемого события и для каждой из них рассчитывается искомая разница.

Контроль правильности расчета:

– в правом секторе события 1 (ИССМ) обязательно должно получиться нулевое значение $T_1^{пс} = 0$.

– для любого события сетевой модели значение правого сектора не может быть меньше значения левого сектора $T_i^{пс} \geq T_i^{рс}$.

Шаг 4. Расчет величин T_i^n , которые записываются в нижний сектор каждого события. Расчет производится от ЗССМ к ИССМ в порядке убывания номеров событий (в очередности 88, 87, 86, 85, 84 и так до 1). Потенциал ЗССМ принимается равным нулю, т. е. $T_{44}^n = 0$.

Для расчета необходимо использовать следующую формулу:

$$T_i^n = \max \left\{ T_j^n + t_{i-j} \right\}$$

Контроль правильности расчета:

– потенциал ИССМ должен равняться планируемой расчетной продолжительности строительства, т. е.

$$T_{ИССМ}^n = T_{ЗССМ}^{рс} = T_{ЗССМ}^{пс}.$$

Шаг 5. Расчет величин полного резерва времени «работ» сетевой модели. Расчет производится в любой последовательности, при этом необходимо использовать формулу:

$$R_{i-j}^n = T_{i-j}^{\text{но}} (T_j^{\text{пс}}) - T_{i-j}^{\text{пн}} (T_i^{\text{пс}}) - t_{i-j}.$$

Контроль правильности расчета:

– значение R_{i-j}^n не может быть отрицательным, т. е. $R_{i-j}^n \geq 0$.

Шаг 6. Расчет величин свободного резерва времени «работ» и «ожиданий» сетевой модели. Расчет производится в любой последовательности, при этом необходимо использовать формулу:

$$R_{i-j}^c = T_{j-k}^{\text{пн}} (T_j^{\text{пс}}) - T_{i-j}^{\text{пн}} (T_i^{\text{пс}}) - t_{i-j}.$$

Контроль правильности расчета:

– значение R_{i-j}^c не может быть отрицательным, т. е. $R_{i-j}^c \geq 0$.

– значение R_{i-j}^c не может быть больше значения, R_{i-j}^n т. е. $R_{i-j}^c \leq R_{i-j}^n$.

Шаг 7. После приведенных расчетов величин временных параметров на сетевой модели выделяют (утолщенными линиями) все «работы», у которых оба резерва времени равны нулю, т. е. $R_{i-j}^n = R_{i-j}^c = 0$. Эти работы на данном объекте являются главными (критическими), которые требуют первоочередного внимания от производителя работ.

Чтобы определить направление «критического» пути сетевой модели, необходимо выделить те «зависимости», которые соединяют конечные и начальные события выделенных главных (критических) работ.

В курсовом проекте необходимо указать направление «критического» пути сетевой модели, т. е. перечислить те события, через которые проходит «критические» работы и «зависимости».

Шаг 8. На основании проведенных расчетов определяются расчетные продолжительности выполнения запланированных рабочих операций. Для этого в таблице расчета временных параметров (табл. 15) выбирают все работы, принадлежащие к рассматриваемой рабочей операции. У этих работ выбирают начальное событие, имеющее минимальный порядковый номер ($C_{\min}$), и выписывают значения левого сектора этого события [Л.С.]. Затем у этих же работ выбирают события, имеющие максимальный порядковый номер ($C_{\max}$), и выписывают значения его левого [Л.С.] и правого секторов [П.С.]. Максимально возможную расчетную продолжительность выполнения рассматриваемой рабочей операции в условиях данного объекта определяют по формуле:

$$T_i^{\max} = [\text{П.С.}] C_{\max i} - [\text{Л.С.}] C_{\min i}, \text{ раб. дн.}$$

где i – номер рассматриваемой рабочей операции.

Минимально возможную расчетную продолжительность выполнения рассматриваемой рабочей операции в условиях данного объекта определяют по формуле:

$$T_i^{\min} = [\text{Л.С.}] C_{\max i} - [\text{Л.С.}] C_{\min i}, \text{ раб. дн.}$$

Результаты расчетов необходимо представить в табличной форме (табл. 16).

Таблица 16. **Определение расчетных продолжительностей выполнения рабочих операций на объекте**

№	Наименование рабочих операций	События работ					Расчетная продолжительность рабочих операций	
		$C_{\min}$		$C_{\max}$				
		номер	[Л.С.]	номер	[Л.С.]	[П.С.]	$T_i^{\min}$, р.дн.	$T_i^{\max}$, р.дн.
1								
2								
...								
15								

Шаг 9. На основании проведенных расчетов определяется расчетная продолжительность отсыпки каждого из четырех участков проектной трассы дорог. Для этого из табл. 15 выбирают все работы, которые необходимо выполнить на рассматриваемом участке проектной трассы. У найденных работ выбирают начальное событие, имеющее минимальный порядковый номер ($C_{\min}$), и выписывают значения левого сектора этого события [Л.С.]. У этих же работ выбирают конечные события, имеющие максимальный порядковый номер ($C_{\max}$), и выписывают значения его левого [Л.С.] и правого секторов [П.С.]. Максимально возможную расчетную продолжительность отсыпки земполотна дороги на рассматриваемом участке трассы вычисляют по формуле:

$$T_n^{\max} = [\text{П.С.}] C_{\max n} - [\text{Л.С.}] C_{\min n}, \text{ раб. дн.}$$

где n – номер рассматриваемого участка трассы дороги.

Минимально возможную расчетную продолжительность отсыпки земполотна дороги на рассматриваемом участке трассы вычисляют по формуле:

$$T_n^{\min} = [\text{Л.С.}] C_{\max n} - [\text{Л.С.}] C_{\min n}, \text{ раб. дн.}$$

Результаты расчетов необходимо представить в табличной форме (табл. 17).

Таблица 17. **Определение расчетных продолжительностей отсыпки земполотна на участках проектной трассы дороги**

Участки проектной трассы дороги	События работ, выполняемых на участке					Расчетная продолжительность рабочих процессов	
	C _{min}		C _{max}				
	Номер	[Л.С.]	Номер	[Л.С.]	[П.С.]	T _n ^{min} , р.дн.	T _n ^{max} , р.дн.
1							
2							
3							
4							

Сетевая модель организации производства работ с известными временными параметрами и установленным направлением и длиной критического пути называется сетевым графиком производства работ на объекте. В курсовом проекте сетевой график должен быть оформлен и представлен как приложение к расчетно-пояснительной записке.

Временные параметры сетевой модели с коэффициентом сложности больше двух рассчитать табличным способом с помощью компьютерной программы.

Алгоритм расчета с помощью компьютера.

Для расчета временных параметров сетевой модели необходимо наличие следующих исходных материалов:

- топология (структура) сетевой модели организации производства работы на объекте с пронумерованными событиями (кодировка модели);
- расчетные продолжительности выполнения на объекте всех запланированных работ (t_{i-j} , раб. дн.);
- принятые продолжительности всех запланированных ожиданий (перерывов) между работами на объекте, раб. дн.;
- календарная дата начала строительства объекта (число, месяц, год);
- даты праздничных дней того года, в котором запланировано строительство объекта (дата, месяц).

Для расчета временных параметров сетевой модели с помощью ПК можно использовать таблицу *Microsoft Excel* «Сетевой 2011». Алгоритм использования должен быть следующим.

Шаг 1. Вызывается *Total Commander*.

Шаг 2. Выбирается таблица *Microsoft Excel* «Сетевой 2011». При этом действии на экране монитора появляется следующая таблица.

Таблица 18. *Microsoft Excel* «Сетевой 2011»

Шаг 3. В верхнюю часть таблицы вносят данные об исполнителе (фамилия, имя и отчество студента; факультет, курс, группа).

Шаг 4. В ячейку «Планируемое начало строительства» вносят дату, месяц и год начала строительства объекта.

Шаг 5. В ячейку «Справочник праздничных дней» вносят даты и месяцы всех праздничных дней планируемого года строительства объекта. Для этого используется производственный календарь того года, когда осуществляется строительство объекта. Выходные дни (субботы и воскресенья) вносить не надо, так как они учитываются автоматически.

Шаг 6. Заполняют 1, 2 и 4 колонки таблицы. Используя топологию (структуру) сетевой модели, в колонки 1 и 2 заносят коды i и j всех работ, ожиданий и зависимостей, которые входят в топологию сетевой модели, а в колонку 4 одновременно заносят численные значения расчетных продолжительностей работ (t_{i-j}), планируемых продолжительностей ожиданий (для зависимостей всех видов в колонку 4 заносят 0).

При заполнении колонок 1 и 2 необходимо строго придерживаться следующего правила:

заполнение колонок необходимо производить в порядке возрастания номеров событий сетевой модели.

Начинать необходимо с события с первым порядковым номером. Заносят все работы, ожидания и зависимости, которые выходят из события № 1 (колонка 1). В колонку 2 заносят номера событий, в которые входят эти работы, ожидания и зависимости, при этом в первую очередь заносят те события, которые имеют меньший порядковый номер.

Шаг 7. В правом верхнем углу таблицы необходимо нажать клавиши «Ранние сроки», «Поздние сроки», «Резервы времени» и «Календарные сроки».

При нажатии клавиш «Ранние сроки» и «Календарные сроки» в колонках 3 и 5 появляются величины таких временных параметров, как T_{i-j}^{pn} и T_{i-j}^{po} , а в колонках 12 и 13 – календарные сроки выполнения запланированных работ на объекте (начало и окончание).

При нажатии клавиш «Поздние сроки» и «Календарные сроки» в колонках 6 и 8 появляются величины таких временных параметров, как $T_{i-j}^{пн}$ и $T_{i-j}^{по}$, а в колонках 14 и 15 – календарные сроки выполнения запланированных работ на объекте (начало и окончание), соответствующие поздним срокам их выполнения.

При нажатии клавиши «Резервы времени» в колонках 9 и 10 появляются величины таких временных параметров, как R_{i-j}^n и R_{i-j}^c . При выполнении этой операции одновременно заполняется колонка 11, в которой показываются коды тех работ, ожиданий и зависимостей i и j , для которых значения $R_{i-j}^n = R_{i-j}^c = 0$. Эти работы и ожидания называются критическими, а зависимости – существенными. В колонку 7 автоматически переносятся данные колонки 4 при ее заполнении (см. шаг 6).

Шаг 8. Полученную таблицу с результатами расчета временных параметров необходимо сохранить как файл *Microsoft Excel* и распечатать, выделив те параметры, которые необходимо было рассчитать.

Шаг 9. После работы с данными таблицы их можно удалить, используя клавишу «Очистить таблицу».

Шаг 10. Определяется и записывается направление критического пути сетевой модели. Используя данные колонки 11, последовательно выписывают коды критических работ, ожиданий и существенных зависимостей.

Полученный вариант критического пути необходимо сравнить с длинной пути, полученного при расчете секторным способом, они должны быть одинаковые.

Если расчетная продолжительность превысила нормативный срок строительства, то необходимо выполнить **корректировку по времени**.

Рекомендуется первоначально корректировать сети по критерию «время», а затем по отдельным видам ресурсов. Корректировка по времени имеет цель сократить общую продолжительность работ, т. е. длину критического и других путей до величины, обеспечивающей ввод объектов в заданные сроки.

Корректировка предполагает только критические работы объекта и те ожидания, которые лежат на критическом пути, т. е. работы и ожидания, у которых оба резерва равны нулю.

Для корректировки применяется разные методы:

1. Корректировка по времени без изменения топологии сетевой модели.

Для данного метода можно применять следующие способы:

- увеличение (если это возможно) коэффициента сменности работы машин, выполняющих критические работы на объекте. Это способ позволяет корректировать расчетную продолжительность выполнения работ на объекте;
- использование для выполнения критических работ на объекте более высокопроизводительных машин;
- сокращение до минимума продолжительности технологических ожиданий, которые лежат на критическом пути.

Если способы первого метода не дают ожидаемого результата, то необходимо использовать второй метод.

2. Корректировка по времени с частичным изменением топологии сетевой модели.

Для данного метода можно применять следующие способы:

- перенесение ранее принятых границ участков работы тех машин, которые на объекте выполняют критические работы;
- пересмотр ранее принятой очередности выполнения критических работ на объекте. Планировать первую очередность выполнения критических работ на объекте, а потом всех остальных для каждой машинокомплекта;
- пересмотр ранее принятых направлений движения машин, выполняющих критические работы на объекте, если это возможно и даже если они не будут оптимальны.

Если способы и второго метода не дают ожидаемого результата, то необходимо использовать третий метод.

3. Корректировка по времени с полным изменением топологии сетевой модели.

Для данного метода можно применять следующие способы:

- привлечение для выполнения критических работ на объект дополнительных машин, не предусмотренных расчетов;
- изменение технологии строительства объекта за счет исключения некоторых рабочих операций (если это возможно).

4.4. Календарное планирование организации производства работ

Завершающим этапом курсового проектирования является календарное планирование принятого варианта организации работ на объекте. Сущность календарного планирования заключается в разработке специальных документов, устанавливающих конкретные календарные даты начала и окончания выполнения каждой из запланированных работ на объекте и календарных дат начала и окончания строительства в целом. Кроме того, в число этих документов входят графики поставок основных видов ресурсов, которые должны обеспечить выполнение всех запланированных работ на объекте в установленные календарные сроки.

4.4.1. Календарный план производства работ

Основным документом планирования является календарный план производства работ на объекте (КППР). КППР – это проектный документ, устанавливающий технологическую последовательность и определяющий конкретные сроки выполнения работ на объекте строительства.

Исходными данными для составления КППР служат:

- сетевой график производства работ на объекте;
- планируемая календарная дата начала строительства рассматриваемого объекта.

В курсовом проекте датой начала отсыпки земполотна автомобильной дороги следует считать **календарную дату первого понедельника апреля текущего календарного года.**

Рекомендуется следующий алгоритм составления КППР:

Шаг 1. Составляется календарная линейка КППР. Календарная линейка – это специальная шкала, позволяющая увязать известные вре-

менные параметры работ сетевой модели с конкретными календарными датами планируемой расчетной продолжительности строительства объекта. Шкала календарной линейки содержит 5 строк (рис. 15).

1	Год строительства	2030										
2	Месяцы	Март										
3	Рабочие недели	1					2					
4	Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	$L_{кр}$
5	Календарные даты	24	25	26	27	28	31	1	2	3	...	D_k

Рис. 15. Форма календарной линейки:

$L_{кр}$ – длина критического пути; D_k – календарная дата последнего рабочего дня строительства; начало строительства – 24.03.20... г.

Заполнение календарной линейки, если известен год строительства, начинают со строки 4. В этой строке в выбранном масштабе времени откладывают все рабочие дни строительства рассматриваемого объекта (от 1 до $L_{кр}$). Зная календарную дату первого рабочего дня и используя календарь текущего года строительства, в строку 5 записывают календарные даты каждого рабочего дня (исключая праздничные и выходные дни). Одновременно в строках 3 и 2 отмечают границы рабочих недель и границы месяцев года строительства.

Шаг 2. Под календарной линейкой вычерчивают таблицу специальной формы, в которой будет составляться КППР (табл. 19). В табл. 19 у каждой рабочей операции и у каждой принятой машины должна быть выделена отдельная строка. Исключение составляют рабочие операции, выполнение которых запланировано за границами данного объекта (рабочие операции № 5 и № 6). Для этих операций отдельные строки для машин с разными номерами не выделяются.

Шаг 3. Построение КППР всегда начинают с первой рабочей операции. Для этого на сетевом графике производства работ находят начальные и конечные события первой работы. Например, для варианта задания № 11 это будут события № 1 и 2. События изображают в виде круга на поле КППР в рассматриваемой строке в соответствии с цифрой, записанной в левом секторе этих событий (в левом секторе записаны значения T_{i-j}^{ph} или $T_{i,j}^{pc}$). Так как это самая первая работа на объекте событие 1 изображают в начале первого рабочего дня. В этой же строке изображают событие 2, также в соответствии с цифрой, записанной в левом секторе, но размещают его в конце рабочего дня, значение которого записано в левом секторе.

Таблица 19. Календарный план производства работ

1	Год строительства				2030									
2	Месяцы				Март									
3	Рабочие недели				1					2				
4	Рабочие дни				1	2	3	4	5	6	7	8	...	L _{кр}
5	Календарные даты				24	25	26	27	28	31	1	2	...	Д _х
Номер рабочих операций	Наименование рабочих операций	Машины			Поле календарного плана производства работ									
		Марки	Кол- во	№										
...														

Нанесенные события соединяют между собой прямой горизонтальной линией, над которой записывается номер участка трассы дороги, где эта работа будет выполняться. Аналогичным образом, на поле КППР наносят начальное и конечное событие второй работы, затем третьей и четвертой работы и их тоже соединяют прямой горизонтальной линией. Если это «зависимые» работы и их конечные и начальные события соединены ТЗ или ОЗ, то значения левого сектора конечного события предшествующей работы может быть равным значению левого сектора начального события последующей работы. Это означает, что эти события совмещены во времени. В КППР совмещенные события изображаются двойным кругом, внутри которого в виде дроби записываются их номера. Таким образом, показав в первой строке все события всех работ всех рабочих операций и соединив их прямыми линиями, мы получаем календарный план производства работ первой рабочей операции. Используя пятую строку календарной линейки, мы можем установить календарные даты начала и окончания каждой из этих работ и рабочей операции в целом.

Аналогичным образом производится построение КППР для всех остальных рабочих операций. В результате получаем календарный план производства работ на объекте.

Шаг 4. На КППР переносят те «зависимости» сетевой модели, которые определили местоположение на поле КППР начальных событий первых работ для каждой рабочей операции. Так как местоположение каждого события определяется цифрой, записанной в левом секторе, то необходимо найти те зависимости, которые определили численное значение левых секторов этих событий (на КППР эти зависимости должны быть вертикальными).

Шаг 5. На КППР с помощью гелиевой ручки выделяются критические (главные) работы на объекте, т. е. те работы, у которых $R^n_{i-j} = R^c_{i-j} = 0$.

Шаг 6. Под табл. 19 КППР вычерчивается шкала временных интервалов. Временные интервалы – это отрезки рабочего времени, на которые разбивается планируемая расчетная продолжительность строительства в соответствии с принятым вариантом организации производства работ на объекте. Временные интервалы отличаются друг от друга продолжительностью; количеством выполняемых работ; количеством рабочих и необходимых ресурсов. Шкала временных интервалов состоит из 5 строк (рис. 16).

15	Устройство правых кюветов	ДЗ-99-1-4	1	№ 11					
1	Номера временных интервалов				1	2	3	...	n
2	Продолжительность интервалов (t_i), раб. дн.				t_1	t_2	t_3	...	t_n
3	Количество « работ » в интервале								
4	Количество рабочих								
5	Количество машин								

Рис. 16. Шкала временных интервалов

Заполнение строк шкалы временных интервалов производится в следующем порядке:

- все события КППР сносят вертикально вниз на шкалу, образуя границы временных интервалов;
- полученные интервалы нумеруют от 1 до n (строка 1);
- по строке 4 календарной линейки определяют продолжительность каждого временного интервала и заполняют строку 2;
- для каждого интервала по КППР определяют количество работ в интервале (строка 3), количество рабочих (строка 4) и количество машин (строка 5).

Для заполнения строк 3, 4, 5 необходимо на КППР найти и подсчитать количество горизонтальных линий, соединяющих нанесенные события. Зная, сколько рабочих должно выполнять каждую из найденных работ (согласно нормы численности), определяют общее количество рабочих для рассматриваемого интервала. Зная, какие из найденных работ являются механизированными, определяют количество машин для рассматриваемого интервала.

По заданию может быть предложено построение КППР с помощью линейных моделей организации производства работ в форме циклограммы.

Циклограмма (рис. 17) предполагает изображение каждой запланированной работы на объекте в виде графика, в котором по оси абсцисс в выбранном горизонтальном масштабе откладываются рабочие и календарные дни строительства данного объекта.

На циклограмме каждая запланированная работа изображается в виде отрезка прямой линии, направленной под определенным углом к горизонту.

Направление отрезка зависит от направления движения машины (исполнителя, который будут выполнять данную работу).

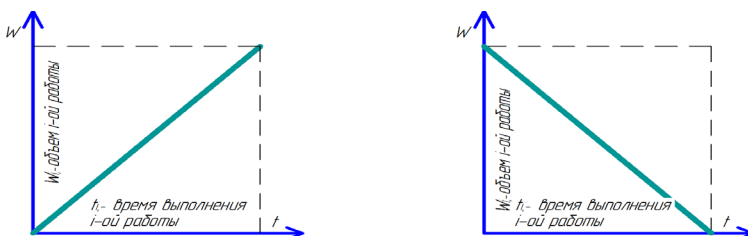


Рис. 17. Циклограмма

Для модели характерны следующие *достоинства*:

- возможность совмещать во времени процесс разработки структуры самой модели и построения календарного плана производства работ;
- простота изображения планируемых работ на объекте.

Для модели характерны следующие *недостатки*:

- эти модели являются статическими, потому что любое изменение в ходе проведения работ на объекте вызывает необходимость пересмотра сроков выполнения всех последующих работ;
- на моделях данной формы невозможно показать главные или основные работы объекта;
- невозможно показать и описать те зависимости, которые определили сроки начала либо окончания работ на объекте;
- невозможно рассчитать все временные параметры работ, которые необходимо знать для принятия управленческих решений.

Циклограммы отражают технологическую последовательность работ, сроки их выполнения и пространство производства работ. Модель календарного плана в виде циклограммы также получила довольно широкое распространение в практике строительства (табл. 20).

Таблица 20. Модель организации работ в форме циклограммы

Технологический этап 3				
Технологический этап 2				
Технологический этап 1				
Рабочие дни				
Календарные дата				

Циклограмма особенно удобна при возведении однотипных сооружений, так как дает возможность наглядно отразить развитие потока во времени и в пространстве. Линия первой работы является определяющей для всех других видов работ, последовательно включаемых в циклограмму в зависимости от появления фронта работ, возможности выполнять эту работу непрерывно и соблюдение правил безопасности производства работ. Циклограмма отражает технологическую взаимосвязь всех работ, поэтому отклонение от нее в ту или другую сторону не должно допускаться.

При строительстве сложных объектов с неоднородными объектами работ распределены по отдельным участкам неравномерно, и объект приходится возводить, организуя неритмичные потоки, характеризующиеся ломаными линиями или полосами. В таких случаях, при сложных взаимосвязях работ, наглядность циклограммы существенно снижается и пользоваться ею становится неудобно. На оси ординат циклограммы откладываются отрезки, соответствующие фронтам работ в порядке их освоения, а на оси абсцисс – принятые порядковые или календарные единицы времени периода производства работ. Ход и сроки выполнения каждой работы отражаются на сетке графика наклонной линией, начало которой соответствует моменту начала, а конец – моменту окончания определенного вида работ. Наклон прямой характеризует скорость (интенсивность выполнения работ). Потребность в трудовых, материальных и финансовых ресурсах на единицу времени отражается под сеткой графика в виде цифрового ряда или эпюры.

Циклограммы по своему изображению событий, как и линейные графики, консервативны, отражают одну, зафиксированную ситуацию строительства. Меняется ситуация – требуется перестроение циклограммы.

Календарный план производства работ на объекте является графической частью проекта. Вычерчивается на листе ватманской бумаги формата А1 в соответствии с действующими стандартами.

4.4.2. График поставки трудовых ресурсов (рабочей силы)

На основании КППР строят график поставки на объект строительства трудовых ресурсов (рабочей силы). График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. По оси ординат – количество рабочих, которые должны участвовать в строительстве данного объекта (рис. 18).

Построение графика осуществляется в следующем порядке:

- в каждом временном интервале, с помощью прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала, показывают необходимое количество рабочих, обеспечивающих выполнение всех запланированных работ в этом интервале (см. строка 4 шкалы временных интервалов);

- для каждого временного интервала рассчитывают его планируемую трудоемкость по формуле:

$$ЗТ_i = N_{pi} \cdot t_i \cdot t_{cm}, \text{ чел.-ч,}$$

где i – номер временного интервала;

t_i – продолжительность i -го интервала, раб. дн.;

N_{pi} – количество рабочих в i -м интервале, чел.;

t_{cm} – установленная продолжительность рабочей смены ($t_{cm} = 8$ ч).

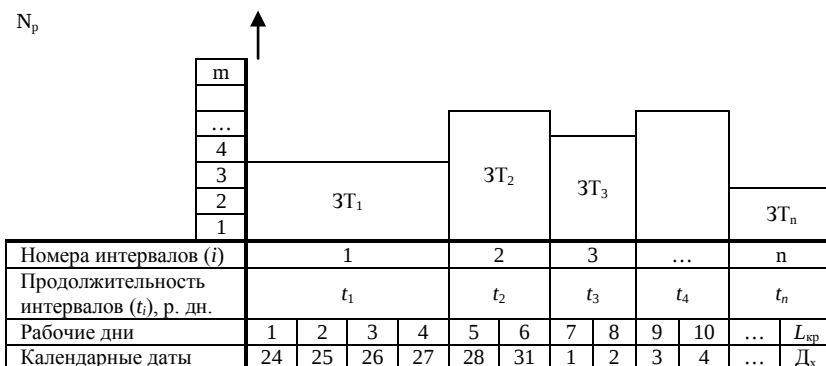


Рис. 18. Форма графика поставки трудовых ресурсов на объект строительства

Полученные значения $ЗТ_i$ записываются на графике в соответствующем интервале (см. рис. 18).

– определяют суммарную планируемую трудоемкость строительства объекта по формуле:

$$\sum 3T_{\text{стр}} = \sum_{i=1}^n 3T_i, \text{ чел.-ч},$$

где $i = 1, \dots, n$ – количество временных интервалов в КППР;

– определяют среднесписочное количество рабочих, которые должны участвовать в строительстве данного объекта, по формуле:

$$N_{\text{сп}} = \frac{\sum 3T_{\text{стр}}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \text{ чел.}$$

Значение $N_{\text{сп}}$ наносят на график поставки трудовых ресурсов в виде прямой линии, параллельной оси абсцисс.

– определяют коэффициент неравномерности использования трудовых ресурсов на объекте по формуле:

$$K_n = \frac{N_p^{\text{max}}}{N_{\text{сп}}},$$

где N_p^{max} – максимальная ордината графика поставок трудовых ресурсов, чел.

– сравнивают фактические значения коэффициента с нормативным. Нормативный коэффициент зависит от вида строительного производства и от вида ресурса для которого рассчитывается. Для строительства он равен 1,61.

Если $K_n^{\text{ф}} > K_n^{\text{н}}$, это значит, что КППР необходимо откорректировать по трудовым ресурсам, используя специальные методы.

4.4.3. График поставки машин на объект строительства

На основании КППР строится график поставки машин на объект строительства. График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладывают строки 1 и 2 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 календарной линейки. На левой ординате указывают марки и номера машин, которые будут участвовать в строительстве данного объекта. На правой ординате записывают показатели использования каждой машины в условиях данного объекта (рис. 19).

Аналогичным образом осуществляют построение этого графика для всех остальных машин, которые будут работать на объекте. Полученные расчеты сводим в табл. 21.

Таблица 21. Оценка эффективности использования машин на объекте

№	Машины		Нахождение машин на объекте			Работа машин на объекте				K _В
						Коды работ		t _{ij}	T _p	
	марка	номер	№ нач. соб.	№ кон. соб.	T _н					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

В конце необходимо дать вывод об эффективности использования комплекта машин на объекте строительства. Машины, у которых $K_B > 0,5$, на объекте используются эффективно.

На основании построенного графика составляют таблицу календарных сроков поставок машин на объект строительства (табл. 22).

Таблица 22. Календарные сроки поставок машин на объект строительства

№ п.п.	Марки машины	Номера машин	Календарные сроки поставки					
			Дата прибытия машины на объект			Дата убытия машины с объекта		
			число	месяц	год	число	месяц	год
1	Б-10МБ	№ 2						
...	...	...						
15	ДЗ-99-1-4	№ 11						

4.4.4. График поставки топливно-смазочных материалов (ТСМ)

На основании КППР строится график поставки ТСМ на объект строительства, обеспечивающий выполнение запланированных работ в установленные календарные сроки при условии, что будут четко соблюдаться календарные сроки поставок машин на объект строительства (см. табл. 22). График строят в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладываются строки 1, 2 и 5 шкалы временных интервалов и строки 4 и 5 верхней шкалы календарной линейки. По оси ординат откладывается среднесуточная потребность машин в ТСМ (q_{cp}^M , кг/раб. дн., рис. 20).

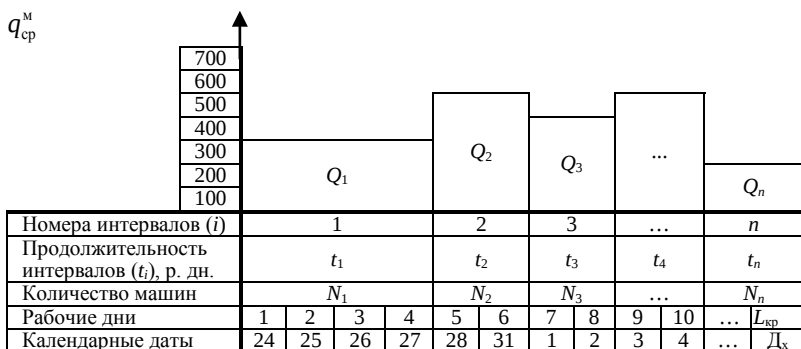


Рис. 20. Форма графика поставки ТСМ на объект строительства

Построение графика необходимо выполнять, начиная с определения среднесуточной (среднедневной) потребности каждой машины в ТСМ за период нахождения ее на объекте. Расчет производится в табличной форме (табл. 23).

Таблица 23. Расчет среднесуточной потребности машин в ТСМ

Марки машин	Номера машин	Время нахождения на объекте T_n , р. дн.	Время работы на объекте			$H_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$, кг/ч	Q_m , г	$q_{\text{ср}}^m$, кг/р. дн.
			T_p , р. дн.	$K_{\text{см}}$	t_p , ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б-10МБ	№ 2							
Б-10МБ	№ 3							
ЕТ 18	№ 4							
...	...							
ДЗ-99-1-4	№ 11							
Всего по объекту							Σ	

В табл. 23 приняты следующие условные обозначения:

T_n – время нахождения машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

T_p – время работы машины на объекте (см. график поставки машин), раб. дн.;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности работы машин ($K_{\text{см}} = 1,0$);

t_p – время работы машины на объекте, ч;

$H_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}$ – часовая норма расхода ТСМ машин, кг/ч;

Q_m – общая потребность машины в ТСМ для выполнения всех запланированных работ, кг;

$q_{\text{ср}}^m$ – среднесуточная потребность машины в ТСМ за период нахождения машины на объекте, кг/раб. дн.

Время работы машины на объекте вычисляется по формуле:

$$t_p = T_p \cdot K_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}, \text{ ч.}$$

Общая потребность машины в ТСМ определяется по формуле:

$$Q = t_p \cdot H_{\text{ТСМ}}^{\text{ч}}, \text{ кг.}$$

Среднесуточная потребность машины в ТСМ рассчитывается по формуле:

$$q_{\text{ср}}^{\text{м}} = \frac{Q}{T_{\text{н}}}, \text{ кг/раб. дн.}$$

Суммарная общая потребность всех машин в ТСМ ($\sum Q_{\text{м}}$) определяется как сумма графы 8 табл. 23. Построение графика (см. рис. 20) осуществляется в следующем порядке:

- для каждого временного интервала определяют среднесуточную потребность в ТСМ для всех машин (число указано в строке 3 рис. 20), которые будут выполнять запланированные работы в этом интервале ($q_{\text{ср. } i}$). Марки машин известны, поэтому эта потребность определяется как сумма $q_{\text{ср}}$ этих машин из табл. 23;
- полученные значения $q_{\text{ср } i}$ наносят на график в виде горизонтальной прямой линии, соединяющей границы рассматриваемого интервала;
- определяют потребность каждого интервала в ТСМ по формуле:

$$Q_i = q_{\text{ср. } i} \cdot t_i, \text{ кг;}$$

– определяют суммарную потребность строительства в ТМС по формуле:

$$\sum Q_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n Q_i, \text{ кг,}$$

где $i = 1 \dots n$ – количество временных интервалов.

Суммарная общая потребность в ТСМ ($\sum Q_{\text{ср}}$) должна равняться суммарной общей потребности всех машин, работающих на объекте ($\sum Q_{\text{м}}$), см. графу 8, табл. 23;

– рассчитывают среднесуточную потребность строительства в ТСМ по формуле:

$$q_{\text{ср}}^{\text{ср}} = \frac{\sum Q_{\text{ср}}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \text{ кг/раб. дн.}$$

Полученные значения $q_{\text{ср}}^{\text{ср}}$ наносят на график поставки ТСМ в виде сплошной линии, параллельной оси абсцисс;

– вычисляют коэффициент неравномерности потребления строительством ТСМ по формуле:

$$K_n = \frac{q_{\text{ср. max}}^{\text{м}}}{q_{\text{ср}}^{\text{стр}}},$$

где $q_{\text{ср. max}}^{\text{м}}$ – максимальная ордината графика поставки ТСМ на объект строительства (см. рис. 19);

– сравнивают фактические значения коэффициента с нормативным. Нормативный коэффициент зависит от вида строительного производства и от вида ресурса для которого рассчитывается. Для строительства он равен 1,42.

Если $K_n^{\text{ф}} > K_n^{\text{н}}$, это значит, что КППР необходимо откорректировать по топливу, используя специальные методы.

Графики поставок всех рассчитанных ресурсов вычерчивается в формате А2 или А1 и оформляется как приложение к расчетно-пояснительной записке.

4.5. Заключение

В качестве заключения в курсовом проекте необходимо представить следующую информацию, полученную по результатам проектирования:

1. Планируемая расчетная продолжительность строительства объекта в рабочих днях и календарных датах.

2. Перечень главных (критических) работ на объекте с указанием рабочих мест, где они будут выполняться, планируемые календарные даты и сроки их выполнения.

3. Суммарная планируемая трудоемкость строительства, среднесписочное количество рабочих на объекте строительства и коэффициент неравномерности использования трудовых ресурсов.

4. Коэффициенты использования рабочего времени для каждой машины, которые будут принимать участие в строительстве данного объекта.

5. Суммарные планируемые затраты ТСМ, среднесуточная потребность строительства и коэффициент неравномерности потребления ТСМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трушкевич, А. И. Организация проектирования и строительства: учеб. / А. И. Трушкевич. – Минск: Выш. шк., 2003. – 415 с.
2. Дикман, Л. Г. Организация строительного производства: учеб. / Л. Г. Дикман. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 2009. – 608 с.
3. Цай, Т. Н. Организация строительного производства: учеб. / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый, В. А. Большаков. – Москва: Ассоциация строительных вузов, 1999. – 432 с.
4. Болотин, С. А. Организация строительного производства: учеб. пособие / С. А. Болотин, А. Н. Вихров. – Москва: Академия, 2007. – 201 с.
5. Абрамов, Н. Н. Организация и планирование строительного производства: учеб. / Н. Н. Абрамов. – Москва: Стройиздат, 1990. – 400 с.
6. Набздоров, С. В. Организация строительного производства: учеб. пособие / С. В. Набздоров. – Горки: БГСХА, 2016. – 295 с.
7. Организация строительного производства : СН 1.03.04-2020 : введ. 29.03.21 (с изм. № 1 от 01.12.2023) / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск : Стройтехнорм, 2024. – 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты исходных данных для выполнения курсового проекта

Номер варианта задания курсового проекта	План трассы дороги P_i	Расположение типов поперечных сечений P_i	Технология строительства T_i	Продолжительность работ B_i
1	2	3	4	5
1	П.1	P.15	T.1	B.7
2	П.2	P.14	T.2	B.8
3	П.3	P.13	T.3	B.21
4	П.4	P.12	T.4	B.28
5	П.5	P.11	T.1	B.6
6	П.6	P.10	T.2	B.9
7	П.7	P.9	T.3	B.20
8	П.8	P.8	T.4	B.27
9	П.1	P.7	T.3	B.15
10	П.2	P.6	T.2	B.10
11	П.3	P.5	T.1	B.5
12	П.4	P.4	T.2	B.4
13	П.5	P.3	T.3	B.19
14	П.6	P.2	T.4	B.26
15	П.7	P.1	T.1	B.4
16	П.8	P.15	T.2	B.12
17	П.1	P.14	T.3	B.18
18	П.2	P.13	T.4	B.25
19	П.3	P.12	T.1	B.3
20	П.4	P.11	T.2	B.13
21	П.5	P.10	T.3	B.17
22	П.6	P.9	T.4	B.24
23	П.7	P.8	T.1	B.2
24	П.8	P.7	T.2	B.14
25	П.1	P.6	T.3	B.16
26	П.2	P.5	T.4	B.23
27	П.3	P.4	T.2	B.10
28	П.4	P.3	T.1	B.1
29	П.5	P.2	T.3	B.15
30	П.6	P.1	T.4	B.22
31	П.7	P.15	T.1	B.2
32	П.8	P.14	T.2	B.14
33	П.1	P.13	T.3	B.16
34	П.2	P.12	T.4	B.23
35	П.3	P.11	T.3	B.17
36	П.4	P.10	T.2	B.13

Продолжение прил. 1

1	2	3	4	5
37	П.5	Р.9	Т.1	В.3
38	П.6	Р.8	Т.2	В.8
39	П.7	Р.7	Т.3	В.18
40	П.8	Р.6	Т.4	В.24
41	П.1	Р.5	Т.3	В.19
42	П.2	Р.4	Т.2	В.12
43	П.3	Р.3	Т.1	В.4
44	П.4	Р.2	Т.2	В.11
45	П.5	Р.1	Т.3	В.20
46	П.6	Р.15	Т.4	В.25
47	П.7	Р.14	Т.1	В.5
48	П.8	Р.13	Т.2	В.10
49	П.1	Р.12	Т.3	В.21
50	П.2	Р.11	Т.4	В.26
51	П.3	Р.10	Т.1	В.6
52	П.4	Р.9	Т.2	В.9
53	П.5	Р.8	Т.3	В.15
54	П.6	Р.7	Т.4	В.27
55	П.7	Р.6	Т.1	В.7
56	П.8	Р.5	Т.2	В.8
57	П.1	Р.4	Т.3	В.16
58	П.2	Р.3	Т.4	В.28
59	П.3	Р.2	Т.1	В.6
60	П.4	Р.1	Т.2	В.14
61	П.5	Р.15	Т.3	В.17
62	П.6	Р.14	Т.4	В.22
63	П.7	Р.13	Т.1	В.5
64	П.8	Р.12	Т.2	В.13
65	П.1	Р.11	Т.3	В.18
66	П.2	Р.10	Т.4	В.23
67	П.3	Р.9	Т.1	В.4
68	П.4	Р.8	Т.2	В.12
69	П.5	Р.7	Т.3	В.19
70	П.6	Р.6	Т.4	В.24
71	П.7	Р.5	Т.1	В.3
72	П.8	Р.4	Т.2	В.4
73	П.1	Р.3	Т.3	В.20
74	П.2	Р.2	Т.4	В.25
75	П.3	Р.1	Т.1	В.2
76	П.4	Р.15	Т.2	В.10
77	П.5	Р.14	Т.3	В.21
78	П.6	Р.13	Т.4	В.26
79	П.7	Р.12	Т.1	В.1
80	П.8	Р.11	Т.2	В.9

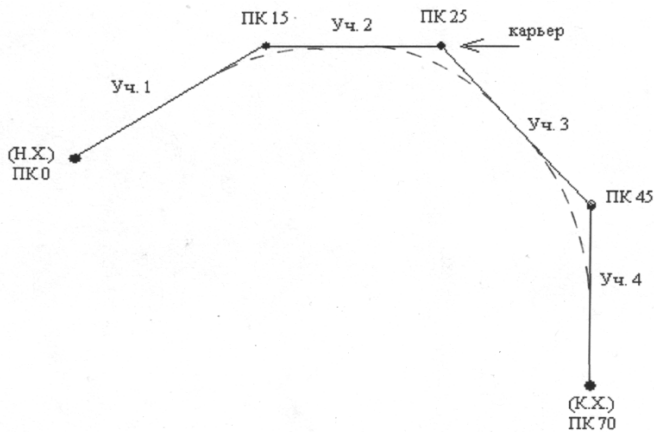
Окончание прил. 1

1	2	3	4	4
81	П.1	Р.10	Т.3	В.15
82	П.2	Р.9	Т.4	В.27
83	П.3	Р.8	Т.1	В.2
84	П.4	Р.7	Т.2	В.8
85	П.5	Р.6	Т.3	В.16
86	П.6	Р.5	Т.4	В.28
87	П.7	Р.4	Т.1	В.3
88	П.8	Р.3	Т.2	В.14
89	П.1	Р.2	Т.3	В.17
90	П.2	Р.1	Т.4	В.22
91	П.3	Р.15	Т.1	В.4
92	П.4	Р.14	Т.2	В.13
93	П.5	Р.13	Т.3	В.18
94	П.6	Р.12	Т.4	В.23
95	П.7	Р.11	Т.1	В.5
96	П.8	Р.10	Т.2	В.12
97	П.1	Р.9	Т.3	В.19
98	П.2	Р.8	Т.4	В.24
99	П.3	Р.7	Т.1	В.6
100	П.4	Р.6	Т.2	В.11

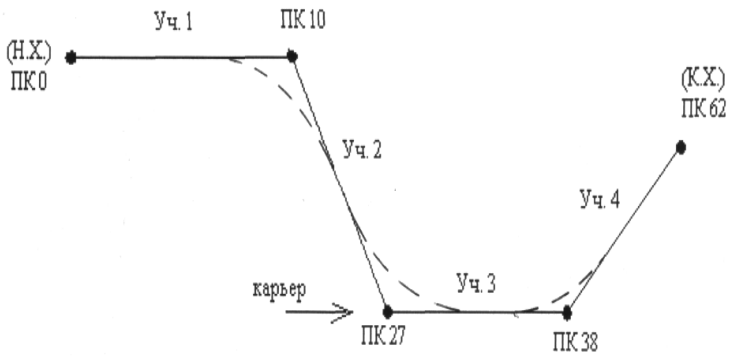
Приложение 2

Варианты планового расположения проектной трассы автодороги (варианты П₁)

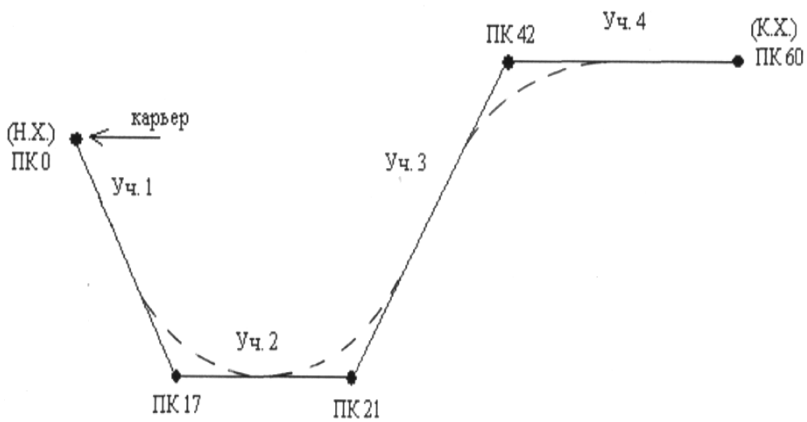
Вариант П.1



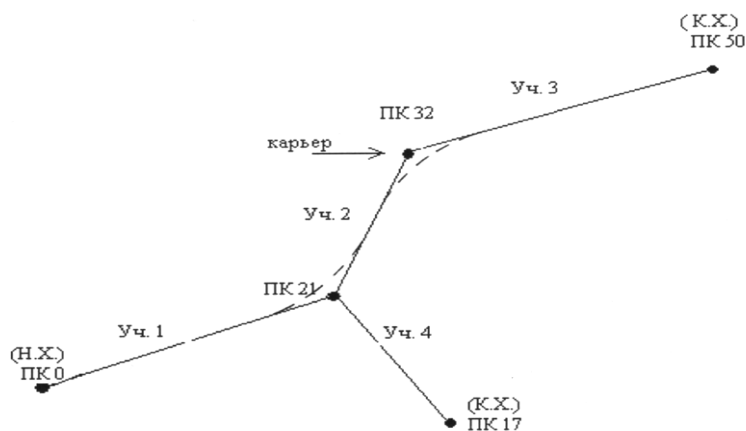
Вариант П.2



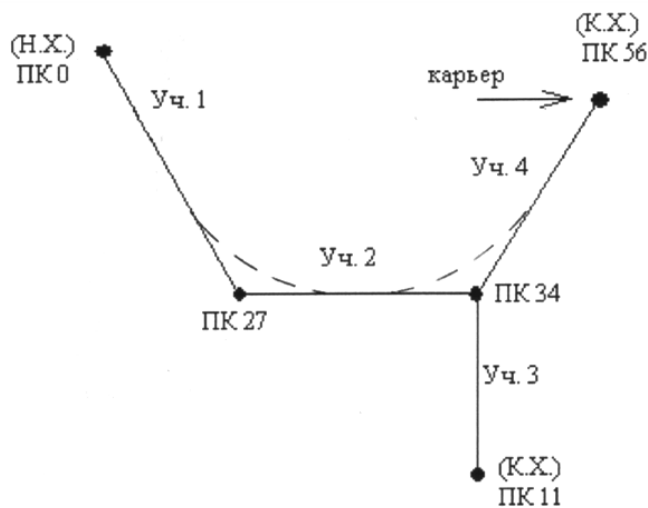
Вариант П.3



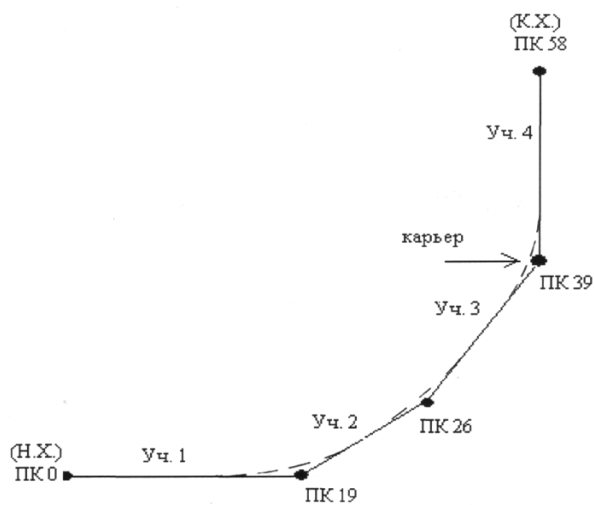
Вариант П.4



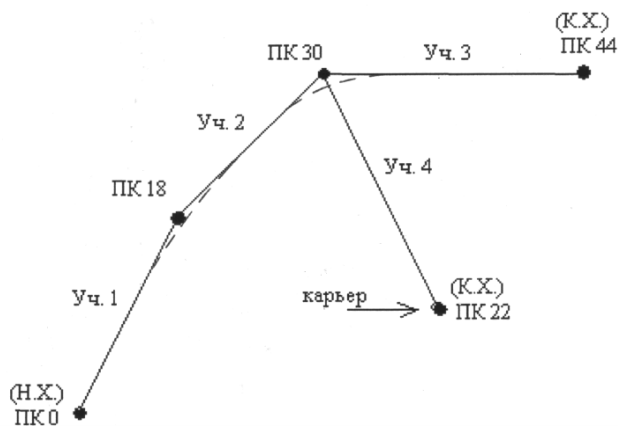
Вариант П.5



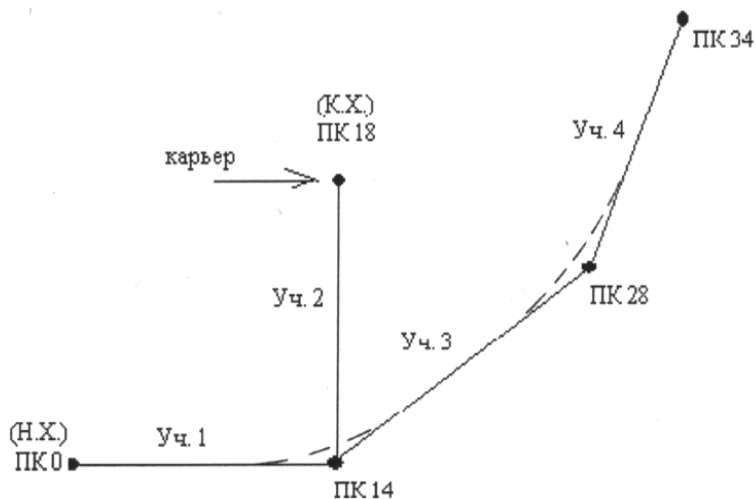
Вариант П.6



Вариант П.7



Вариант П.8



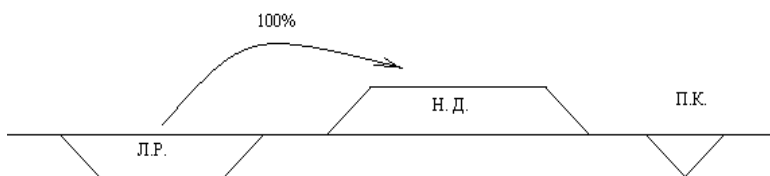
Приложение 3

Варианты расположения типов поперечных сечений насыпи на участках проектной трассы автодороги (варианты Р)

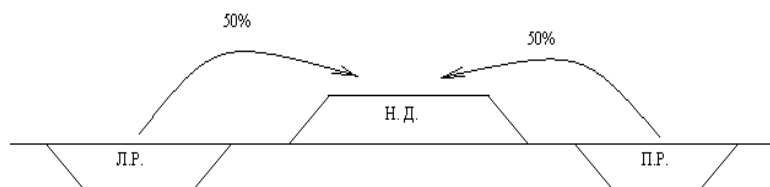
Варианты расположения типов поперечных сечений (Р)	Участки проектной трассы автодороги			
	участок 1	участок 2	участок 3	участок 4
Р.1	Тип 1	Тип 3	Тип 5	Тип 7
Р.2	Тип 2	Тип 1	Тип 6	Тип 4
Р.3	Тип 3	Тип 2	Тип 1	Тип 6
Р.4	Тип 4	Тип 3	Тип 2	Тип 1
Р.5	Тип 5	Тип 4	Тип 3	Тип 2
Р.6	Тип 6	Тип 5	Тип 4	Тип 3
Р.7	Тип 7	Тип 6	Тип 5	Тип 4
Р.8	Тип 1	Тип 7	Тип 6	Тип 5
Р.9	Тип 5	Тип 2	Тип 7	Тип 6
Р.10	Тип 2	Тип 6	Тип 3	Тип 7
Р.11	Тип 6	Тип 3	Тип 7	Тип 4
Р.12	Тип 3	Тип 7	Тип 4	Тип 1
Р.13	Тип 7	Тип 4	Тип 1	Тип 5
Р.14	Тип 3	Тип 1	Тип 5	Тип 2
Р.15	Тип 5	Тип 4	Тип 2	Тип 6

Типы поперечных сечений насыпи земполотна автодороги

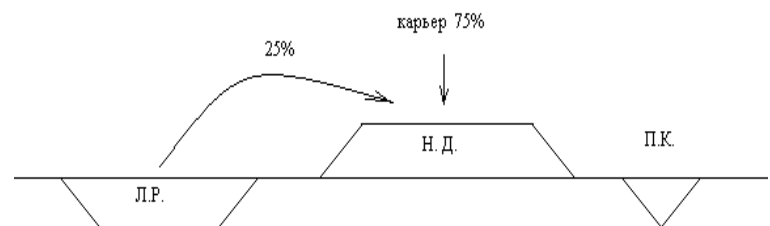
Тип 1



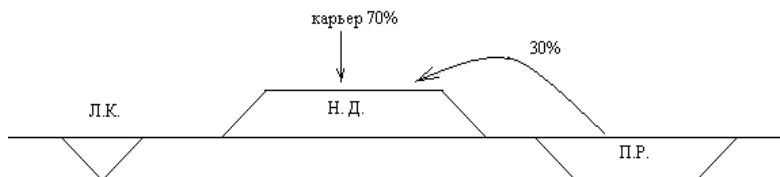
Тип 2



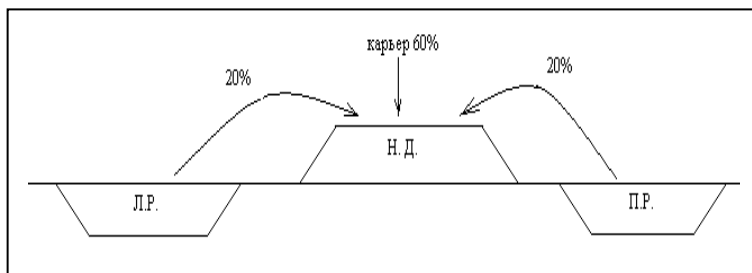
Тип 3



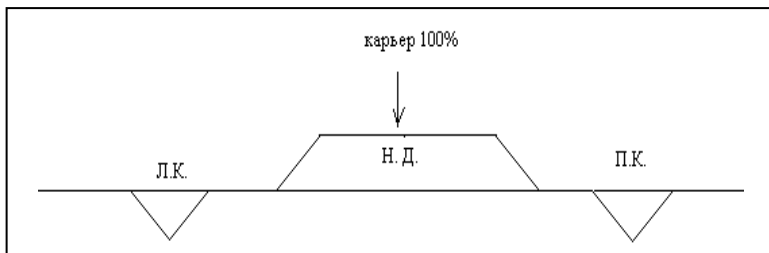
Тип 4



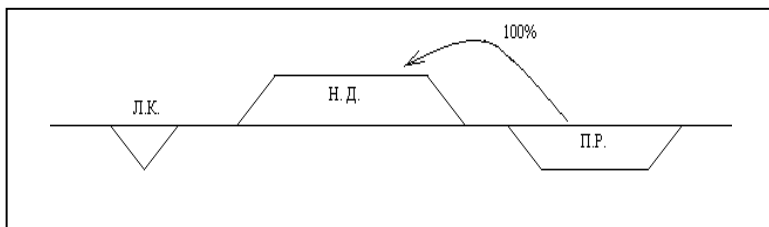
Тип 6



Тип 5



Тип. 7



Условные обозначения:

Н.Д. – насыпь дороги;
 Л.К. – левый кювет;
 П.К. – правый кювет;
 Л.Р. – левый притрассовый резерв грунта;
 П.Р. – правый притрассовый резерв грунта.

Вариант технологии строительства Т.1

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Марка испол- нителей
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	Звено
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	Б-10МБ
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь	Б-10МБ
4	Разработка грунта в правом резерве с перемещением в насыпь	ЕТ 18
5	Разработка грунта в карьере с погрузкой в транспортные сред- ства	ЕТ 18
6	Транспортирование грунта из карьера в насыпь	КамАЗ 6520
7	Послойное разравнивание грунта из левого резерва	Б-10МБ
8	Послойное разравнивание грунта правого резерва	Б-10МБ
9	Послойное разравнивание грунта карьера	Б-10МБ
10	Послойное уплотнение грунта левого резерва	Амкордор 6811
11	Послойное уплотнение грунта правого резерва	Амкордор 6811
12	Послойное уплотнение грунта карьера	Амкордор 6811
13	Профилирование верха земполотна (4 прохода)	ДЗ-99-1-4
14	Устройство левых кюветов (для Типов 4, 6, 7)	ДЗ-99-1-4
15	Устройство правых кюветов (для Типов 1, 3, 6)	ДЗ-99-1-4

Вариант технологии строительства Т.2

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Марка испол- нителей
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	Звено
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	Беларус 1502
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь	Shantui SD16
4	Разработка грунта в правом резерве с перемещением в насыпь	Shantui SD16
5	Разработка и транспортировка грунта из карьера в насыпь	МоАЗ-60148
6	Послойное разравнивание грунта левого резерва	Беларус 1502
7	Послойное разравнивание грунта правого резерва	Беларус 1502
8	Послойное уплотнение грунта из левого резерва	ДУ-39А
9	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	ДУ-39А
10	Послойное уплотнение грунта из карьера	ДУ-39А
11	Планировка левых откосов земполотна	ДЗ-98В
12	Планировка правых откосов земполотна	ДЗ-98В
13	Профилирование верха земполотна (4 прохода)	ДЗ-98В
14	Устройство левых кюветов (для Типов 4, 6, 7)	ЭО-1621
15	Устройство правых кюветов (для Типов 1, 3, 6)	ЭО-1621

Вариант технологии строительства Т.3

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Марка исполнителей
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	звено
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	Беларус 1502
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь	МоАЗ-60148
4	Разработка грунта в правом резерве с перемещением в насыпь	МоАЗ-60148
5	Разработка грунта в карьера с погрузкой в транспортные средства	ЕТ18
6	Транспортирование грунта из карьера в насыпь	МАЗ-6501
7	Послойное разравнивание грунта карьера	Беларус 1502
8	Послойное уплотнение грунта левого резерва	Амкодор 6811
9	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	Амкодор 6811
10	Доувлажнение грунта из карьера	ПМ-10
11	Послойное уплотнение грунта из карьера	Амкодор 6811
12	Планировка левых откосов земполотна	ДЗ-98В
13	Планировка правых откосов земполотна	ДЗ-98В
14	Профилирование верха земполотна (4 прохода)	ДЗ-99-1--4
15	Устройство левых кюветов (для Типов 4, 6, 7)	ЭО-1621
16	Устройство правых кюветов (для Типов 1, 3, 6)	ЭО-1621

Вариант технологии строительства Т.4

№ п. п.	Наименование рабочих операций	Марка исполнителей
1	Детальная строительная разбивка трассы дороги	звено
2	Снятие растительного грунта с трассы дороги	МоАЗ-60148
3	Разработка грунта в левом резерве с перемещением в насыпь	Shantui SD11
4	Разработка грунта в правом резерве с перемещением в насыпь	МоАЗ-60148
5	Разработка и транспортировка грунта из карьера в насыпь	МоАЗ-60148
6	Послойное разравнивание грунта левого резерва	Shantui SD11
7	Послойное уплотнение грунта из левого резерва	Амкодор 6811
8	Послойное уплотнение грунта из правого резерва	Амкодор 6811
9	Доувлажнение грунта из карьера	ПМ-10
10	Послойное уплотнение грунта из карьера	Амкодор 6811
11	Планировка левых откосов земполотна	ДЗ-98В
12	Планировка правых откосов земполотна	ДЗ-98В
13	Профилирование верха земполотна	ДЗ-99-1-4
14	Устройство левых кюветов (для Типов 4, 6, 7)	ЭО-1621
15	Устройство правых кюветов (для Типов 1, 3, 6)	ЭО-1621

**Варианты расчетной продолжительности выполнения работ (для варианта Т.1)
(В.1 ... В.7)**

Номера рабочих операций	В.1				В.2				В.3				В.4				В.5				В.6				В.7			
	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4
1	5	4	3	6	2	4	6	5	3	4	5	2	5	2	4	3	3	2	6	2	4	6	3	5	2	4	5	4
2	6	5	5	7	4	5	5	6	4	6	7	4	6	4	5	7	5	3	6	4	6	7	5	4	3	5	6	7
3	8	9	7	6	10	7	5	9	6	4	8	5	7	3	6	5	8	9	7	6	7	8	6	5	6	7	9	10
4	10	8	8	7	12	10	6	9	8	6	12	7	9	5	7	8	12	10	8	6	9	11	9	8	8	12	10	9
5	14	12	16	15	13	14	9	12	16	12	8	14	16	14	12	10	14	15	16	12	18	14	16	10	14	16	15	13
6	16	13	16	17	14	15	12	13	18	14	12	16	18	16	14	12	16	15	16	14	20	16	18	14	16	18	17	15
7	6	7	5	4	5	4	3	5	3	3	4	4	3	2	3	3	4	5	3	4	3	4	3	2	3	4	5	6
8	5	4	4	3	6	5	3	4	4	3	6	4	5	3	4	4	6	5	4	3	5	6	4	4	5	6	5	4
9	10	9	12	11	10	11	9	8	14	10	8	12	16	12	10	8	14	14	12	10	16	14	15	9	12	14	13	11
10	7	9	7	6	6	8	5	9	4	5	6	7	5	6	4	7	4	6	4	5	5	6	5	4	5	6	7	8
11	6	5	5	4	7	6	4	5	5	4	7	5	6	4	5	5	7	6	5	4	6	7	4	5	5	7	4	5
12	9	8	11	10	8	9	7	6	10	8	6	8	10	9	8	6	10	12	12	8	14	12	13	7	10	12	11	9
13	2	3	2	4	3	3	2	1	5	2	3	4	1	3	2	2	4	1	3	2	3	3	2	1	2	4	3	2
14	1	2	3	1	4	3	1	2	4	2	1	3	3	3	1	2	2	1	1	2	4	3	2	2	3	1	1	2
15	2	1	2	1	3	2	2	1	3	2	2	4	4	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	4	2	2	3

**Варианты расчетной продолжительности выполнения работ (для варианта Т.2)
(В.8 ... В.14)**

Номера рабочих операций	В.8				В.9				В.10				В.11				В.12				В.13				В.14			
	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4
1	3	2	1	3	2	4	4	2	3	1	3	3	5	4	3	2	4	2	1	2	3	3	2	4	5	4	2	3
2	5	4	3	4	6	6	5	3	4	3	3	4	6	5	5	4	7	3	4	3	4	4	5	3	6	5	3	4
3	6	7	4	5	8	7	6	3	4	2	3	4	5	6	3	4	8	5	3	4	6	5	3	4	4	3	4	5
4	7	8	5	6	7	6	5	4	5	4	6	5	8	5	6	6	7	6	5	4	6	4	5	3	6	6	5	6
5	14	12	10	8	10	12	8	14	16	12	14	18	15	13	14	16	9	14	10	16	18	14	20	16	12	18	10	14
6	5	6	5	6	7	6	5	4	3	3	4	5	6	7	4	5	8	6	4	5	7	6	4	5	6	4	5	6
7	6	7	4	5	6	5	4	3	4	3	5	4	7	4	5	6	6	5	4	3	5	3	4	3	6	5	6	5
8	6	7	6	7	8	7	6	5	4	5	5	6	7	8	5	6	9	7	6	7	8	6	5	6	8	6	6	7
9	7	8	5	6	7	6	5	4	5	4	6	5	8	5	6	7	7	6	5	4	6	4	5	4	7	6	6	5
10	10	8	8	6	8	10	6	12	10	8	9	12	13	11	10	14	7	12	8	14	16	7	10	8	6	9	8	7
11	2	1	1	2	3	2	1	1	2	2	1	1	3	3	2	1	4	2	1	2	3	1	3	1	5	4	2	1
12	1	2	2	1	2	1	2	2	3	3	2	2	4	2	1	2	3	1	2	3	4	2	4	2	4	3	1	2
13	2	3	4	1	3	4	4	2	3	4	4	1	5	2	3	2	4	3	3	4	2	2	3	2	3	1	3	3
14	4	3	2	1	3	2	1	4	5	2	3	1	4	3	2	2	3	4	1	2	3	3	1	2	4	3	1	3
15	3	2	2	2	4	3	2	3	4	3	2	2	3	4	3	1	4	3	2	1	2	4	2	3	3	2	2	4

**Варианты расчетной продолжительности выполнения работ (для варианта Т.3)
(В.15 ... В.21)**

Номера рабочих операций	В.15				В.16				В.17				В.18				В.19				В.20				В.21			
	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4
1	4	6	3	5	6	2	4	3	7	5	2	3	2	4	5	4	4	3	3	6	7	5	5	4	6	3	4	5
2	5	7	4	6	7	3	5	4	6	6	3	4	4	5	6	5	5	4	4	8	6	5	6	5	6	4	5	6
3	8	6	5	6	9	7	4	6	8	9	7	6	6	8	9	6	7	6	5	8	7	6	7	6	8	6	7	5
4	9	7	6	4	10	8	4	7	8	8	10	6	8	6	7	8	8	7	6	9	8	7	9	7	10	8	9	6
5	14	10	12	16	18	14	10	8	18	14	20	15	17	16	22	14	20	17	13	18	18	12	14	22	16	15	21	20
6	16	12	14	18	16	18	12	10	20	16	18	15	19	16	20	18	22	18	16	18	22	16	18	20	22	18	20	24
7	8	6	7	9	8	9	6	5	9	8	9	6	8	7	10	9	10	9	8	7	11	8	9	10	9	9	10	12
8	7	5	4	5	8	6	3	5	7	8	6	5	4	6	7	4	5	4	3	6	5	4	6	4	6	3	4	4
9	8	6	5	3	9	7	4	6	7	8	9	5	8	5	8	7	7	8	5	8	7	8	10	8	9	7	8	5
10	4	3	3	4	3	5	2	2	4	3	5	3	4	4	6	5	4	4	3	2	6	4	5	6	4	5	6	7
11	6	4	4	5	4	6	4	3	5	4	6	5	6	5	8	7	5	6	5	4	5	6	7	4	5	4	7	8
12	2	1	1	3	2	1	2	1	3	3	2	2	3	1	2	1	4	3	3	2	3	1	3	1	2	3	3	2
13	3	2	2	2	3	2	2	2	4	2	3	2	4	2	3	1	3	4	3	3	4	2	2	2	3	4	3	3
14	4	3	1	3	2	2	1	3	2	3	1	3	2	2	3	3	4	4	2	3	3	5	2	1	4	3	4	2
15	1	2	1	1	2	2	1	3	3	1	2	1	3	1	1	2	3	1	3	2	2	3	3	2	1	2	1	1
16	2	1	2	3	1	3	2	2	2	2	3	2	1	2	3	2	2	2	1	2	3	1	2	2	3	2	3	1

**Варианты расчетной продолжительности выполнения работ (для варианта Т.4)
(В.22 ... В.28)**

Номера рабочих операций	В.22				В.23				В.24				В.25				В.26				В.27				В.28			
	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4	Уч. 1	Уч. 2	Уч. 3	Уч. 4
1	3	4	5	2	6	4	2	2	3	3	4	5	6	4	2	6	3	4	2	4	5	4	5	3	6	4	5	3
2	6	7	8	4	8	6	4	5	6	7	8	6	5	6	4	8	5	7	4	5	7	5	6	4	8	6	5	4
3	10	12	9	8	9	7	5	6	10	9	7	9	11	12	8	6	14	5	9	6	9	7	6	8	10	8	7	6
4	8	10	7	6	7	5	4	6	8	10	8	8	9	10	8	8	12	7	9	8	10	8	8	12	10	8	9	7
5	20	16	18	14	18	24	16	10	12	18	24	20	22	20	18	14	16	24	18	16	12	16	18	16	20	18	16	20
6	8	10	7	6	7	7	6	8	10	7	8	8	10	12	8	7	10	6	7	8	8	8	7	8	10	10	8	7
7	7	8	5	4	7	6	5	8	8	5	6	7	8	10	8	5	10	7	8	6	6	10	9	8	12	8	6	5
8	6	8	5	4	5	5	6	8	6	8	6	7	8	10	6	7	10	8	9	6	8	6	7	10	8	8	7	5
9	4	3	3	5	6	2	3	2	4	3	3	2	5	2	3	2	4	3	2	3	2	3	4	2	4	5	3	2
10	5	6	6	7	8	4	5	5	6	5	4	3	7	3	4	3	6	4	5	4	3	5	6	3	6	7	3	3
11	2	1	1	2	1	3	1	1	2	2	1	3	1	3	3	1	1	2	1	3	2	1	2	1	3	2	2	2
12	1	2	2	1	2	2	1	2	3	1	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	1	1	3
13	3	4	3	2	4	1	2	3	2	4	1	3	1	3	2	2	3	3	4	2	4	2	1	2	3	1	3	1
14	4	3	4	3	5	3	2	3	4	3	2	4	3	2	3	4	4	3	4	2	3	3	2	4	4	3	2	4
15	5	4	2	3	2	3	4	5	3	2	2	3	2	4	3	2	2	3	2	4	3	4	3	2	2	3	4	2

**Технико-эксплуатационные показатели использования машин (исполнителей)
при строительстве земполотна автодороги**

№ п. п.	Марка машины	Часовая норма расхода топлива $H_t^ч$, кг
1	Б-10МБ	17,1
3	КамАЗ-6520	23,8
4	Амкодор 6811	10,3
5	ДЗ-99-1-4	8,4
6	Беларус 1502	14,9
8	Амкодор-703М	6,1
10	ДЗ-98В	13,0
13	Shantui SD11	9,2
14	ПМ-10	13,3
16	Амкодор G160-01	18,2
19	ЕТ18	9,6
20	МАЗ-6501	23,2
21	КМ-1400	8,2
22	Shantui SD16	15,8

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	4
2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	5
3. СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	8
4. ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	10
4.1. Технология возведения земляного полотна автомобильной дороги	10
4.1.1. Технологические схемы строительства и состав рабочих операций.....	10
4.1.2. Профильные объемы рабочих операций и работ.....	14
4.1.3. Машины (исполнители) для выполнения работ и рабочих операций и их характеристика.....	15
4.1.4. Требуемые ресурсы для строительства автодороги и технико-экономические показатели принятой технологии	16
4.2. Организация производства работ на объекте.....	20
4.2.1. Нормативная продолжительность строительства объекта.....	20
4.2.2. Расчет количественного состава исполнителей для производства работ.....	22
4.2.3. Организационная схема работы машин (исполнителей).....	25
4.2.4. Карточка-определитель работ объекта строительства	30
4.3. Сетевое моделирование организации производства работ на объектах строительства	31
4.3.1. Топология сетевой модели организации производства работ	31
4.3.2. Временные параметры сетевых моделей и способы их расчета.....	45
4.4. Календарное планирование организации производства работ	56
4.4.1. Календарный план производства работ.....	56
4.4.2. График поставки трудовых ресурсов (рабочей силы).....	62
4.4.3. График поставки машин на объект строительства	63
4.4.4. График поставки топливно-смазочных материалов (ТСМ).....	65
4.5. Заключение.....	68
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	69
ПРИЛОЖЕНИЯ	70

Учебное издание

Романов Илья Александрович
Набздоров Сергей Васильевич

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ПРОЦЕССАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Пособие

Редактор *Е. П. Савиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 30.03.2026. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 3,94.
Тираж 40 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.