

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 15.10.2024 13:59:32  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d79e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра промышленного и гражданского строительства



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

10

2024 г.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ  
для студентов всех форм обучения  
направления подготовки «Строительство»

Курск 2024

УДК 721

Составители: Н.Д. Кликунов, Б.Н. Сабельников

Рецензент

Кандидат экономических наук, доцент А.В. Шлеенко

**Математическое моделирование в строительстве** : методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов всех форм обучения направления подготовки «Строительство» / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.Д. Кликунов, Б.Н. Сабельников. – Курск, 2024. – 20 с.:– Библиогр.: с. 20.

Приводятся методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Строительство».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Строительство» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.10.2024. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,05.

Тираж 100 экз. Заказ 1137. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Содержание**

Лабораторная работа № 1. ....	5
Лабораторная работа № 2. ....	9
Лабораторная работа № 3. ....	15
Лабораторная работа № 4. ....	18
Список использованных источников.....	20

## **Введение**

В настоящей методической разработке, предназначенной для студентов направления подготовки «Строительство» даны материалы и рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Математическое моделирование в строительстве» с целью знакомства с существующими основными математическими моделями, принципами и способами их построения и применения в практической деятельности.

## **Лабораторная работа № 1. «Контроль прочности бетона сборных конструкций»**

В таблицах 1 – 5 представлены варианты исходных данных для выполнения лабораторной работы.

Порядок выполнения работы.

1. Рассчитайте среднее значение прочности по первой и второй пробе
2. Рассчитайте среднее значение прочности по всей выборке
3. Рассчитайте стандартное отклонение единичного значения прочности по первой и второй пробе
4. Рассчитайте стандартное отклонение единичного значения прочности по всей выборке

С примером решения задачи можно ознакомиться по ссылке: <https://altube.ru/channel/edverest/playlists/statistika?video=zyIbzCqquOhr>

Для решения нужно брать не генеральное, а выборочное стандартное отклонение

5. Рассчитайте стандартное коэффициент вариации единичного значения прочности по всей выборке

Подсказка: коэффициент вариации – отношение стандартного отклонения к среднему значению

6. Предполагая, что значения в выборке нормально распределены, определите вероятность попадания значения в интервал между 29 и 31

Решение задачи: Используйте функцию НОРМ.РАСП в статистических функциях Excel.

7. Предполагая, что значения в выборке нормально распределены, определите вероятность попадания значения в интервал между 28 и 32

Решение задачи: Используйте функцию НОРМ.РАСП в статистических функциях Excel.

Предполагая, что значения в выборке нормально распределены, определите вероятность попадания значения в интервал между 27 и 33

Решение задачи: Используйте функцию НОРМ.РАСП в статистических функциях Excel.

Таблица 1 – Исходные данные для лабораторной работы № 1 (Вариант 1).

№ партии бетона, м	Дата изготовления	Единичное значение прочности бетона МПа			
		№ смены			
		1		2	
		№ пробы		в смену	
		1	2	1	2
1	12.06	27,5	31,3	29,3	26,6
2	13.06	29,1	27,7	33,8	31,0
3	14.06	31,6	26,0	29,1	30,6
4	15.06	30,8	33,8	30,8	28,4
5	16.06	31,7	29,5	33,0	28,3
6	19.06	32,8	30,8	30,3	28,7
7	20.06	28,6	27,2	26,8	32,6
8	21.06	33,1	28,4	26,5	30,7
9	22.06	26,7	31,0	27,9	30,2
10	23.06	32,3	29,3	28,3	31,9

Таблица 2 – Исходные данные для лабораторной работы № 1 (Вариант 2).

№ партии бетона, м	Дата изготовления	Единичное значение прочности бетона МПа			
		№ смены			
		1		2	
		№ пробы		в смену	
		1	2	1	2
1	12.06	31,3	29,3	26,6	27,5
2	13.06	27,7	33,8	31,0	29,1
3	14.06	26,0	29,1	30,6	31,6
4	15.06	33,8	30,8	28,4	30,8
5	16.06	29,5	33,0	28,3	31,7
6	19.06	30,8	30,3	28,7	32,8
7	20.06	27,2	26,8	32,6	28,6
8	21.06	28,4	26,5	30,7	33,1
9	22.06	31,0	27,9	30,2	26,7
10	23.06	29,3	28,3	31,9	32,3

Таблица 3 – Исходные данные для лабораторной работы № 1 (Вариант 3).

№ партии бетона, м	Дата изготовления	Единичное значение прочности бетона МПа			
		№ смены			
		1		2	
		№ пробы		в смену	
		1	2	1	2
1	12.06	30,8	30,3	28,7	32,8
2	13.06	27,2	26,8	32,6	28,6
3	14.06	28,4	26,5	30,7	33,1
4	15.06	31,0	27,9	30,2	26,7
5	16.06	29,3	28,3	31,9	32,3
6	19.06	31,3	29,3	26,6	27,5
7	20.06	27,7	33,8	31,0	29,1
8	21.06	26,0	29,1	30,6	31,6
9	22.06	33,8	30,8	28,4	30,8
10	23.06	29,5	33,0	28,3	31,7

Таблица 4 – Исходные данные для лабораторной работы № 1 (Вариант 4).

№ партии бетона, м	Дата изготовления	Единичное значение прочности бетона МПа			
		№ смены			
		1		2	
		№ пробы		в смену	
		1	2	1	2
1	12.06	30,8	30,3	28,7	30,6
2	13.06	27,2	26,8	32,6	28,4
3	14.06	28,4	31,3	30,7	28,3
4	15.06	31,0	27,7	30,2	26,7
5	16.06	29,3	26,0	31,9	32,3
6	19.06	26,8	33,8	26,6	27,5
7	20.06	26,5	29,5	31,0	29,1
8	21.06	27,9	29,1	30,6	30,7
9	22.06	28,3	30,8	28,4	30,2
10	23.06	29,3	33,0	28,3	31,9

Таблица 5 – Исходные данные для лабораторной работы № 1 (Вариант 5).

№ партии бетона, м	Дата изготовления	Единичное значение прочности бетона МПа			
		№ смены			
		1		2	
		№ пробы		в смену	
		1	2	1	2
1	12.06	30,6	30,3	28,7	28,4
2	13.06	28,4	26,8	29,3	31,0
3	14.06	28,3	31,3	30,7	29,3
4	15.06	26,7	27,7	30,2	28,4
5	16.06	29,3	26,0	31,9	28,3
6	19.06	26,8	33,8	26,6	26,7
7	20.06	26,5	29,5	27,7	29,1
8	21.06	27,9	29,1	26,0	30,7
9	22.06	28,3	30,8	33,8	30,2
10	23.06	29,3	33,0	29,5	31,9



**Лабораторная работа № 2.**  
**«Линейное программирование в строительстве»**

**Задание 1.**

В таблице 6 заданы следующие тарифы перевозок продукта от различных поставщиков к различным потребителям, и представлены данные об объемах складского запаса и заказов потребителей

Таблица 6 – Тарифы перевозок продукта от различных поставщиков к различным потребителям

	Поставщик А	Поставщик Б	Поставщик В	Заказы потребителе й (количество единиц продукции)
І потребитель	8 рублей за единицу	3	0	70
ІІ потребитель	4	7	4	60
ІІІ потребитель	5	2	6	30
Складской запас (количество единиц продукции)	55	90	50	

На сколько единиц суммарный складской запас превышает суммарный объем заказов?

Объем доставки от поставщика В к первому потребителю при оптимальном логистическом маршруте составит

Суммарная стоимость наиболее дешевого способа доставки продукта потребителям составит

Положительный складской остаток будет у:

Поставщика А

Поставщика Б

Поставщика В

Вы руководите бригадой рабочих (Р) из *123 рабочих*, а ваша фирма производит два вида продуктов. Производство продукта «А» требует задействования *одного рабочего* (Р), для продукта «В» требует 4 рабочих. В вашем распоряжении также *145 лопат* (Л). Для производства продукта «А» требуется 4 лопаты (Л), для производства продукта «В» требуется 2 лопаты.

Какое максимальное количество продукта «А» ваша фирма сможет произвести? (ответ округлите до первого знака после запятой).

Вы руководите бригадой рабочих (Р) из *123 рабочих*, а ваша фирма производит два вида продуктов. Производство продукта «А» требует задействования *одного рабочего* (Р), для продукта «В» требует 4 рабочих. В вашем распоряжении также *145 лопат* (Л). Для производства продукта «А» требуется 4 лопаты (Л), для производства продукта «В» требуется 2 лопаты.

Какое максимальное количество продукта «В» ваша фирма сможет произвести? (ответ округлите до первого знака после запятой).

Вы руководите бригадой рабочих (Р) из *123 рабочих*, а ваша фирма производит два вида продуктов. Производство продукта «А» требует задействования *одного рабочего* (Р), для продукта «В» требует 4 рабочих. В вашем распоряжении также *145 лопат* (Л). Для производства продукта «А» требуется 4 лопаты (Л), для производства продукта «В» требуется 2 лопаты.

При полной загрузженности обоих факторов производства вы можете произвести (ответ округлите до первого знака после запятой):

продукта «А»:

продукта «В»:

## **Задание 2.**

Столярная мастерская занимается выпуском столов и стульев. На производство одного *стола 2,6 метра доски*, на производство

*одного стула – 1,1 метр доски.* На производство одного стола тратится 0,8 часа рабочего времени, на производство одного стула 0,4 часа. Суточные запасы доски равны 230 м, в мастерской работают 10 рабочих, рабочий день продолжается 8 часов, рабочие не отдыхают.

Найдите, пожалуйста, оптимальный объем производства, если цена реализации одного **стола 250 рублей**, а одного стула 150 рублей (ответ округлите до целых чисел)

Столы:

Стулья:

Столярная мастерская занимается выпуском столов и стульев. На производство одного *стола 2,6 метра доски*, на производство *одного стула – 1,1 метр доски*. На производство одного стола тратится 0,8 часа рабочего времени, на производство одного стула 0,4 часа. Суточные запасы доски равны 230 м, в мастерской работают 10 рабочих, рабочий день продолжается 8 часов, рабочие не отдыхают.

Найдите, пожалуйста, оптимальный объем производства, если цена реализации одного **стола 350 рублей**, а одного стула 150 рублей (ответ округлите до целых чисел)

Столы:

Стулья:

Столярная мастерская занимается выпуском столов и стульев. На производство одного *стола 2,6 метра доски*, на производство *одного стула – 1,1 метр доски*. На производство одного стола тратится 0,8 часа рабочего времени, на производство одного стула 0,4 часа. Суточные запасы доски равны 230 м, в мастерской работают 10 рабочих, рабочий день продолжается 8 часов, рабочие не отдыхают.

Найдите, пожалуйста, оптимальный объем производства, если цена реализации одного **стола 500 рублей**, а одного стула 150 рублей

Столы:

**Задание 3.**

Строительной организации для выполнения определенного вида работ требуется из имеющейся на балансе техники сформировать несколько подразделений, которые будут выполнять определенные задачи. Состав специализированных подразделений, виды и количество имеющейся строительной техники приведены в таблице. Определить необходимое количество подразделений 1-го и 2-го типов, чтобы была обеспечена максимальная производительность в смену.

В таблицах 7 – 9 представлены варианты исходных данных.

Таблица 7 – Вариант 1.

Показатель	Состав специализированных подразделений	
	1-го типа	2-го типа
Виды и количество техники:		
Бульдозеры – 12	2	3
Экскаваторы – 6	1	2
Автосамосвалы – 6	-	3
Автогрейдеры - 3	1	-
Производительность подразделения, м <sup>3</sup> /смена	600	800
Число подразделений	$X_1$	$X_2$

Таблица 8 – Вариант 2.

Показатель	Состав специализированных подразделений	
	1-го типа	2-го типа
Виды и количество техники:		
Бульдозеры – 12	3	3
Экскаваторы – 6	2	1
Автосамосвалы – 6	1	-
Автогрейдеры - 3	-	1
Производительность подразделения, м <sup>3</sup> /смена	680	820
Число подразделений	$X_1$	$X_2$

Таблица 9 – Вариант 9.

Показатель	Состав специализированных подразделений	
	1-го типа	2-го типа
Виды и количество техники:	3	2
Бульдозеры – 12	1	2
Экскаваторы – 6	-	2
Автосамосвалы – 6	2	-
Автогрейдеры - 3		
Производительность подразделения, м <sup>3</sup> /смена	620	860
Число подразделений	X1	X2

**Задание 4.**

Определить основные параметры работы заготовительно-транспортного подразделения в составе одного экскаватора и пяти самосвалов, если производительность экскаватора \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/ч, объем кузова самосвала \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>, время рейса самосвала \_\_\_\_\_ ч. Исходные данные представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные для задания 4.

Вариант	Производительность экскаватора, м <sup>3</sup> /ч	Объем кузова самосвала, м <sup>3</sup>	Время рейса самосвала, ч
1	70	5	0,5
2	45	5	0,7
3	82	5	1,2

**Задание 5.**

Рассчитать оптимальный состав заготовительно-транспортного подразделения, при котором суммарные потери от простоев техники будут наименьшими. Стоимость простоя экскаватора составляет \_\_\_\_\_ у. е./ч, а самосвала — \_\_\_\_\_ у. е./ч. Остальные условия такие же, как в задаче 1. Исходные данные представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные для задания 5

Вариант	Стоимость простоя экскаватора, у.е	Стоимость простоя самосвала, у.е
1	420	170
2	350	200
3	500	230

**Задание 6.**

Определить состав заготовительно-транспортного подразделения, если производительность экскаватора \_\_\_\_ м<sup>3</sup>/ч, время рейса самосвала с объемом кузова \_\_\_\_ м<sup>3</sup> составляет \_\_\_\_ ч. Критерий оптимальности состава подразделения — минимум экономических потерь от простоя техники (стоимость машиночаса экскаватора составляет \_\_\_\_ у.е./ч, а самосвала — \_\_\_\_ у.е./ч). Исходные данные представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Исходные данные для задания 6

Вариант	Производительность экскаватора, м <sup>3</sup> /ч	Объем кузова самосвала, м <sup>3</sup>	Время рейса самосвала, ч	Стоимость машиночаса экскаватора, у.е./ч	Стоимость машиночаса самосвала, у.е./ч
1	60	5	0,7	500	120
2	40	5	1	400	170
3	80	5	0,2	600	100

**Лабораторная работа № 3.**  
**«Модели экстремального анализа в строительстве с применением моделей линейного программирования. Перемещение земляных масс»**

Цель: построить модель линейного программирования, которая может быть использовано при решении задачи о перемещении земляных масс.

Вариант 1:

		Насыпи				
Выемки		1	2	3	4	
	1	2,0	1,3	2,5	3,0	10000 м <sup>3</sup>
	2	3,0	1,5	1,4	2,1	8000 м <sup>3</sup>
	3	3,0	2,2	1,0	1,5	5000 м <sup>3</sup>
		8000 м <sup>3</sup>	4000 м <sup>3</sup>	6000 м <sup>3</sup>	5000 м <sup>3</sup>	

Вариант 2:

		Насыпи				
Выемки		1	2	3	4	
	1	2,0	1,3	2,5	3,0	10000 м <sup>3</sup>
	2	3,0	1,5	1,4	2,1	8000 м <sup>3</sup>
	3	3,0	2,5	1,0	1,5	14000 м <sup>3</sup>
		10000 м <sup>3</sup>	6000 м <sup>3</sup>	6000 м <sup>3</sup>	7000 м <sup>3</sup>	

Пример решение задачи:

С примерами когнитивного решения задачи можно ознакомиться по ссылке:

<https://altube.ru/channel/edverest/playlists/principy-logistiki?video=YWAHL1RIYPEb>

<https://altube.ru/channel/edverest/playlists/principy-logistiki?video=AKigMRxHtFch>

С примером решения задачи при помощи ПО Microsoft Office Excel можно ознакомиться по ссылке:

<https://altube.ru/channel/edverest/playlists/principy-logistiki?video=QUg6iQAevyv2>

### Решение проблемы кратчайшего пути.

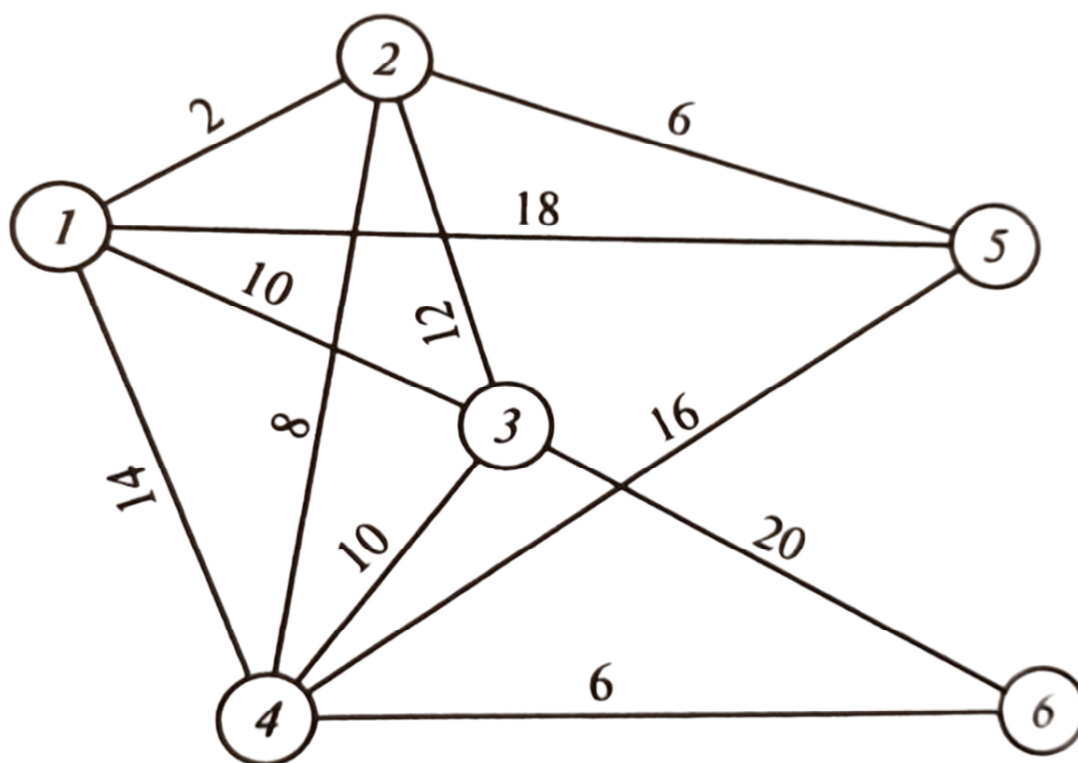


Рисунок 1 – Граф для решения задачи «Проблема кратчайшего пути»

#### Вариант 1.

Решить задачу о кратчайшем пути по графу, представленном на рисунке 1

#### Вариант 2.

Решить задачу о кратчайшем пути по графу, представленном на рисунке 1 если узел 4 будет соединен с узлом 6 длиной 2.

#### Вариант 3.

Решить задачу о кратчайшем пути по графу, представленном на рисунке 1 если узел 4 будет соединен с узлом 5 длиной 7.

С примерами когнитивного решения задачи можно ознакомиться по ссылкам:

Часть 1: <https://ya.ru/video/preview/2086561460085346849>

Часть 2: <https://ya.ru/video/preview/12694646119658319708>



Решение проблемы максимального потока в системе.  
 Моделирование алгоритма Форда-Фалкерсона.  
 Решение задачи о максимальном потоке.

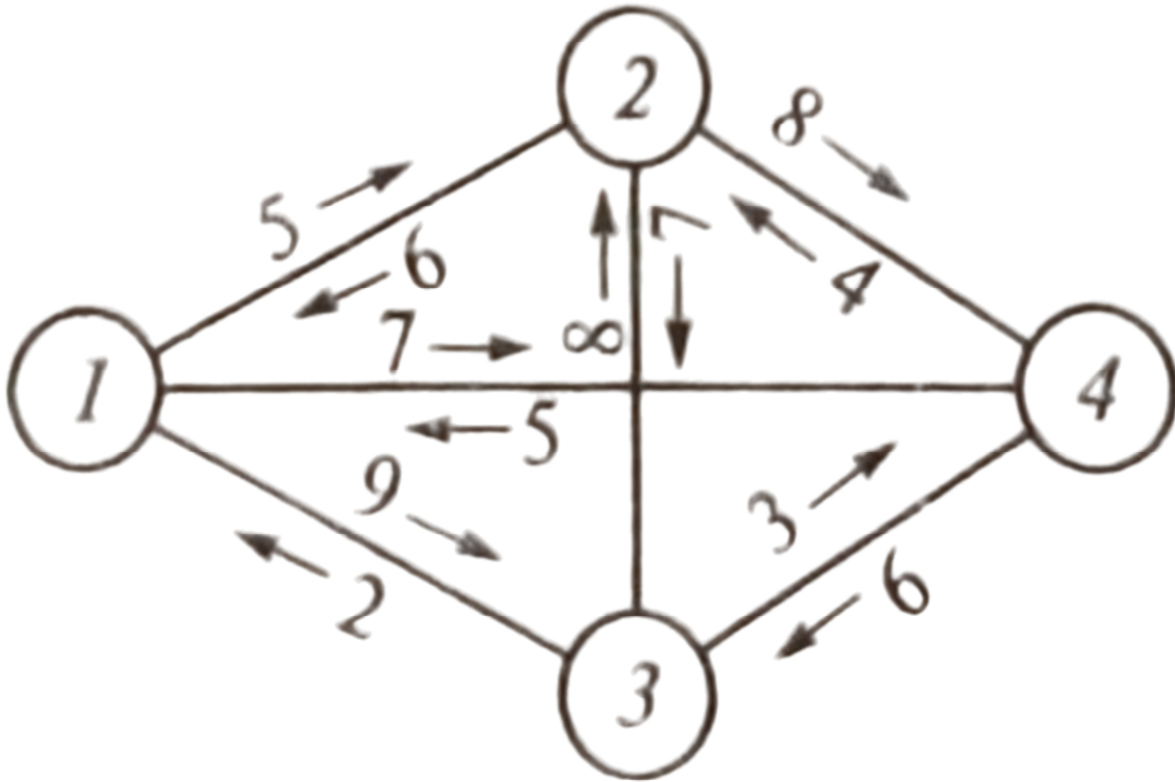


Рисунок 2 – Граф для решения задачи о максимальном потоке

Решите задачу о максимальном потоке на сети.

Вариант А) Односторонний, только стрелочки от 1 к 4.

Вариант Б) Двусторонний.

### Лабораторная работа № 4.

#### «Использование моделей оптимального управления запасами при организации материального обеспечения строительства. Модель Вильсона»

**Решение детерминированных задач управления запасами со статическим спросом.**

##### Задание 1.

На строительстве дороги используется привозной битум, доставляемый по железной дороге. Стоимость разовой поставки составляет \_\_\_\_ у. е. На строительный сезон продолжительностью \_\_\_\_ сут необходимо \_\_\_\_ т битума. Требуется рассчитать оптимальную периодичность его поставки (период времени между очередными поставками), если стоимость хранения запаса битума составляет \_\_\_\_ у. е. в сутки за 1 т. Вместимость битумохранилища составляет \_\_\_\_ т.

Исходные данные представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Исходные данные к заданию 1.

Вариант	Стоимость разовой поставки, у.е	Продолжительность строительного сезона, сут.	Потребность в битуме, т.	Стоимость хранения запаса битума, у.е/сутки	Вместимость битумохранилища, т.
1	2000	110	1000	30	90
2	2700	100	700	25	50
3	3000	130	900	45	70

##### Задание 2.

Решить предыдущую задачу при условии, что штраф за неудовлетворенный спрос на битум составляет \_\_\_\_ у.е за 1т.

Исходные данные представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные к заданию 2.

Вариант	Штраф за неудовлетворенный спрос, у.е
1	500
2	300
3	700

**Решение статистических задач управления запасами с переменной отпускной ценой на материалы.**

**Задание 3.**

Стоимость транспортирования продукции, по которой предприятие создает запас, составляет \_\_\_ у. е. за единицу; стоимость хранения единицы запаса равна \_\_\_ у. е. в сутки; общая потребность организации в продукции на строительный сезон продолжительностью \_\_\_\_\_ сут составляет \_\_\_ единиц; стоимость единицы продукции - \_\_\_ у. е. за единицу, но при партии более 20 единиц продукции стоимость единицы продукции (отпускная цена) снижается до \_\_\_ у. е. Требуется определить размер разово приобретаемой партии, чтобы суммарные затраты на ее доставку и хранение были минимальными.

Исходные данные представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Исходные данные к заданию 3.

Вариант	Стоимость транспортирования, у.е	Стоимость хранения единицы запаса, у.е/сутки	Продолжительность строительного сезона, сут.	Потребность в продукции, т.	Стоимость 1 ед. продукции, у.е	Стоимость 1 ед. продукции, при партии более 20 ед., у.е
1		15	110	1000	300	200
2		20	100	700	250	150
3		17	130	900	450	350

**Список использованных источников**

1. Иванов, В. В. Математическое моделирование : учебное пособие / В. В. Иванов, О. В. Кузьмина ; Поволжский государственный технологический университет. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2022. - 116 с.

2. Математическое моделирование : учебное пособие / сост. Д. В. Арясова, М. А. Аханова, С. В. Овчинникова ; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2018. – 283 с.

3. Родионов, Ю. В. Основы математического моделирования : учебное электронное издание : учебное пособие / Ю. В. Родионов, А. Д. Нахман ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018. – 111 с.

4. Кудрявцев, Е. М. Компас-3D. Проектирование в архитектуре и строительстве / Е. М. Кудрявцев. - М. : ДМК Пресс, 2008. - 544 с.

5. Сидоров, В. Н. Математическое моделирование в строительстве : учебное пособие / В. Н. Сидоров, В. К. Ахметов. - М. : АСВ, 2007. - 336 с.

6. Кудинов, И. В. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / И. В. Кудинов, Е. В. Стефанюк ; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет». – Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. – Ч. II. Математическое моделирование процессов теплопроводности в многослойных ограждающих конструкциях. – 422 с.

7. Батыщева, Е. В. Проектирование высотных металлических инженерных сооружений с применением компьютерного моделирования : студенческая научная работа / Е. В. Батыщева ; Южно-Российский государственный политехнический университет им. М. И. Платова, Строительный факультет. – Новочеркасск : б.и., 2020. – 75 с.