

Решение инвариантного задания

Заметим, что за две минуты Лиса может сделать бесконечно много шагов, так как $\sum_{n=1}^{\infty} 2^{-n+1} = 2$.

На первом шаге Лиса съела от первого куска $M_1 - M_2 = 1$ и откусила b_1 кг. На втором она съела от второго куска b_1 и откусила b_2 кг. И так далее... То есть, от первого куска Лисе достанется $1 + \sum_{n=1}^{\infty} b_n$, а от второго $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ кг.

Сумма $\sum_{n=1}^{\infty} b_n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n(n+2)} = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+2} \right) = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$, значит, Лисе достанется $1 + 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} b_n = 4$ кг.

Так как $M_1 - 1 - \sum_{n=1}^{\infty} b_n = \frac{3}{2}$ и $M_2 - \sum_{n=1}^{\infty} b_n = \frac{3}{2}$, то ни на каком конечном шаге сыр не закончится (куски будут иметь массу больше $\frac{3}{2}$), и на каждом шаге куски будут получаться разными. Так как ни на каком конечном шаге сыр не закончится, то Лиса сделает бесконечно много шагов. Каждому медвежонку достанется по $\frac{3}{2}$ кг. Невозможно

подобрать числа b_n так, чтобы медвежатам досталось разное количество сыра, ведь последовательность масс кусков монотонно убывает и массы первого (а также второго) являются подпоследовательностями этой последовательности.

Критерии оценивания. Доказано, что за 2 минуты Лиса может бесконечно много раз откусить сыр + 8 баллов. Записано выражение: сколько сыра достанется Лисе +12 баллов. Найдена сумма ряда b_n +20 баллов. Если сумма ряда b_n не найдена, но верно записана формула сколько сыра досталось каждому медвежонку, то +4 балла. Обосновано, что при любом выборе b_n (таком, что Лиса сделает бесконечно много ходов) медвежатам останутся одинаковые куски сыра +10 баллов. За каждую арифметическую ошибку минус 1, 2, 3 или 4 четыре балла (на усмотрение проверяющего).

БЛОК 1. Материаловедение

№	Задания и ответы	Баллы
1.	Охарактеризуйте стали 5ХГМ и 6ХВ2С по классификационным признакам	
	5ХГМ Легированная Инструментальная Штамповая сталь для горячего деформирования, умеренной теплостойкости и повышенной вязкости.	1 1 2 2 2
	6ХВ2С Легированная Инструментальная Штамповая сталь для холодного деформирования повышенной вязкости	1 1 2 2 2
	При верном указании других классификационных признаков, например, по наличию легирующих элементов, по структуре после нормализации и т.п. (+0,5 балла за признак)	$\Sigma = 16$ всего за п.1 max $\Sigma = 18$
2	Перечислите пять эксплуатационных свойств стали, которые Вы считаете главными при работе штампового инструмента в данных условиях	
	Вязкость, твердость (или прочность), теплостойкость, износостойкость, разгаростойкость.	1 балл за каждое совпадение. max $\Sigma = 5$
3.	Оцените возможность применения названных сталей для изготовления матриц и пуансонов для указанных условий производства. (0 – совсем не подходит, 10 – идеальный вариант). Сравнение проведите по свойствам, которые Вы определили в вопросе 2, затем обобщите и сравните стали в целом.	
	Обе стали могут быть использованы, но не в полной мере отвечают заданным условиям эксплуатации. Вязкость будет зависеть от режима термической обработки отпуска (при прочих равных условиях: размер зерна и т.д.). По твердости и износостойкости приоритет за сталью 6ХВ2С, по теплостойкости и разгаростойкости приоритет за сталью 5ХГМ. Поэтому экспертные оценки 5±1 для 5ХГМ и 6±1 6ХВ2С можно считать оптимальными. ±2 соответственно. ±3 соответственно.	2 1 0 $\Sigma = 2$
	Если на этом этапе участник сравнил соотношение стоимостей применяемых сталей.	добавить 2
4	С позиции процессов происходящих при термической обработке, опишите процессы и причину, по которой штампы разрушались, без значительных изменений твердости при снижении температуры отпуска.	
	Описаны причины и процессы в металле, приводящие к необратимой отпускной хрупкости.	10
	Только указана потеря пластичности при отпуске интервал температур необратимой отпускной хрупкости.	7
	Только указано, что это называется «необратимой отпускной хрупкостью».	5
	Только сказано, что это «отпускная хрупкость»	1

		max $\Sigma = 10$
5.	Одиссей не стал менять режим термической обработки при замене. А Вы?	
	<ul style="list-style-type: none"> - Обоснована иная технология, напр. изотермическая закалка (подробно с режимами). - ↑ температуру закалки (860-900 °С), охлаждение после отпуска – масло (вода) = (ускоренное охлаждение). - Указано что-то одно температура закалки или охлаждение после отпуска. - Согласен с Одиссеем. 	10 10 5 0 max $\Sigma = 10$
6.	Как избежать «странности» разрушения сравнительно мягкого штампового инструмента, отпущенного при высокой температуре? Что нужно контролировать?	
	(Условия ускоренного охлаждения деталей после отпуска) = (быстрое охлаждение деталей после отпуска) = (охлаждение в масло или в воду после отпуска) = (температуру охлаждающей жидкости после отпуска).	5
7.	Оцените возможность применения новой стали для пуансонов и матриц. Аргументировано предложите сталь или совместно «сталь+технология». Постарайтесь не разорить на инструменте владельцев предприятия.	
	<ul style="list-style-type: none"> - Сталь умеренной теплостойкости и повышенной вязкости (минус 1 балл если не указана технология упрочнения) - Сталь повышенной теплостойкости и вязкости (минус 1 балл если не проведено сравнение стоимости) - Сталь высокой теплостойкости (минус 1 балл если не проведено сравнение стоимости и минус 1 балл если не оценено усложнение технологии термообработки) - Быстрорежущая сталь (минус 1 балл если не проведено сравнение стоимости и минус 1 балл если не оценено усложнение технологии термообработки) 	6...7 6...7 5 5 max $\Sigma = 7$
8.	На какое технологическое свойство стали Вы обратили бы внимание в первую очередь в свете проблем возникших у Одиссея?	
	Склонность к отпускной хрупкости	2 max $\Sigma = 2$
9.	Перечислите технологии упрочнения, которые можно было бы предложить для повышения эксплуатационной стойкости данного инструмента деформации.	
	Азотирование, цианирование (и аналоги), электроискровое легирование, лазерное легирование, поверхностная лазерная закалка.	по 1 баллу за приемлемый способ упрочнения max $\Sigma = 7$
10.	Подробно опишите технологию упрочнения (цели, схема, подготовка детали, технологические операции, режимы, контроль качества и пр.), которая кажется Вам наиболее рациональной.	
	<p>Приведены цели, схема, подготовка детали, технологические операции, режимы, контроль качества и пр., для заданного инструмента деформации</p> <p>Назван способ, частично показаны этапы упрочнения, слабая связь с заданным инструментом деформации</p> <p>Только назван способ (+ приведена схема, или +только операции, и т.п.)</p>	6...7 3...5 1...2 max $\Sigma = 7$

Решение:

1. Определяем срок, необходимый для выполнения каждой работы:

- разработка котлована экскаватором - ?;

- планировка дна котлована бульдозером – 1 день (в одну смену) – указано в исходных данных;

- устройство бетонной подготовки под фундаментную плиту – 1 день (в 2 смены) – указано в исходных данных;

- устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты - ?.

Следовательно, срок, отведенный на разработку котлована экскаватором и устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты, составит: $18 - 1 - 1 = 16$ дней.

2. Определяем объем котлована, как площадь среднего сечения котлована, умноженную на глубину котлована:

$$V_k = \left(\frac{L_H + L_B}{2} \right) \times \left(\frac{B_H + B_B}{2} \right) \times H = \frac{75,0 + 76,5}{2} \times \frac{14,8 + 16,3}{2} \times 3,0 = 3533,7 \text{ м}^3$$

3. Определяем объем фундаментной плиты:

$$V_\phi = L_\phi \times B_\phi \times H_\phi = 73,5 \times 13,3 \times 0,6 = 586,5 \text{ м}^3$$

4. Определяем трудоемкость и машиноемкость работ по устройству монолитной железобетонной фундаментной плиты, используя объем плиты, продолжительность смены и нормы времени в чел-час и маш-час, указанные в исходных данных:

$$\text{Трудоемкость равна: } T_\phi = \frac{\left(\frac{H_{\text{вр}} (\text{чел-час})}{100} \right) \times V_\phi}{t_{\text{см}}} = \frac{\left(\frac{179}{100} \right) \times 586,5}{12} = 87,5 \text{ чел – см}$$

$$\text{Машиноемкость равна: } M_\phi = \frac{\left(\frac{H_{\text{вр}} (\text{маш-час})}{100} \right) \times V_\phi}{t_{\text{см}}} = \frac{\left(\frac{26,96}{100} \right) \times 586,5}{12} = 13,2 \text{ маш – см}$$

5. Определяем количество рабочих в бригаде, занятой на устройстве монолитной железобетонной фундаментной плиты:

$$N_{\text{раб}} = \frac{T_\phi}{M_\phi} = \frac{87,5}{13,2} = 6,6 \text{ чел} \approx 7 \text{ человек}$$

6. Определяем продолжительность работ по устройству монолитной железобетонной фундаментной плиты, используя значение трудоемкости:

$$P_{\phi.T} = \frac{T_\phi}{N_{\text{раб}} \times N_{\text{см}}} = \frac{87,5}{7 \times 2} = 6,25 \approx 7 \text{ дней}$$

направление «Инженерные науки»

7. Определяем продолжительность работ по устройству монолитной железобетонной фундаментной плиты, используя значение машиноёмкости:

$$П_{\phi.М} = \frac{M_{\phi}}{N_{\text{маш}} \times N_{\text{см}}} = \frac{13,2}{1 \times 2} = 6,6 \approx 7 \text{ дней}$$

8. Принимаем продолжительность работ по устройству монолитной железобетонной фундаментной плиты (P_{ϕ}) 7 дней. Работы выполняются при двухсменном режиме работы.

9. Определяем темп укладки бетонной смеси в фундаментную плиту:

$$T_{\text{бет}} = \frac{V_{\phi}}{P_{\phi} \times N_{\text{см}}} = \frac{586,5}{7 \times 2} = 41,9 \text{ м}^3/\text{смену}$$

10. Определяем производительность одного автобетоносмесителя:

$$P_{\text{бет}} = (V_{\text{бет}}/t_{\text{ц}}) \times t_{\text{см}} = (6 \text{ м}^3/1,5 \text{ часа}) \times 12 \text{ часов} = 48,0 \text{ м}^3/\text{смену}$$

11. Определяем количество автобетоносмесителей:

$$N_{\text{бет}} = \frac{T_{\text{бет}}}{P_{\text{бет}}} = \frac{41,9}{48,0} = 0,87 \approx 1 \text{ автобетоносмеситель}$$

12. Определяем срок, необходимый для разработки грунта экскаватором:

$$P_{\text{разр}} = 18 \text{ дней (общий срок)} - 1 \text{ день (планировка дна котлована)} \\ - 1 \text{ день (устройство бетонной подготовки)} \\ - 7 \text{ дней (устройство фундаментной плиты)} = 9 \text{ дней}$$

13. Земляные работы выполняются при односменном режиме работы, следовательно, необходимо выполнить земляные работы в течение 9 смен.

14. Определим машиноёмкость по разработке грунта экскаваторами с разными объемами ковша, используя объем котлована, продолжительность смены и нормы времени на разработку грунта экскаватором:

- для экскаватора с объемом ковша 0,5 м³: $M_{\text{разр.0,5м}^3} = \frac{(\frac{V_{\text{к}}}{1000 \text{ м}^3}) \times H_{\text{вр}}}{t_{\text{см}}} = \frac{(\frac{3533,7}{1000}) \times 34,5}{12} = 10,2 \text{ маш} - \text{см};$

- для экскаватора с объемом ковша 0,65 м³: $M_{\text{разр.0,65м}^3} = \frac{(\frac{V_{\text{к}}}{1000 \text{ м}^3}) \times H_{\text{вр}}}{t_{\text{см}}} = \frac{(\frac{3533,7}{1000}) \times 29,0}{12} = 8,5 \text{ маш} - \text{см};$

- для экскаватора с объемом ковша 1,0 м³: $M_{\text{разр.1,0м}^3} = \frac{(\frac{V_{\text{к}}}{1000 \text{ м}^3}) \times H_{\text{вр}}}{t_{\text{см}}} = \frac{(\frac{3533,7}{1000}) \times 22,0}{12} = 6,5 \text{ маш} - \text{см}.$

направление «Инженерные науки»

15. Определим уровень производительности труда экскаваторов (машинистов экскаваторов) для экскаваторов с разными объемами ковшей:

- для экскаватора с объемом ковша $0,5 \text{ м}^3$: $\text{УПТ}_{0,5\text{м}^3} = \frac{M_{\text{разр.}0,5\text{м}^3}}{P_{\text{разр}}} \times 100\% = \frac{10,2}{9} \times 100\% = 113,3\%$;

- для экскаватора с объемом ковша $0,65 \text{ м}^3$: $\text{УПТ}_{0,65\text{м}^3} = \frac{M_{\text{разр.}0,65\text{м}^3}}{P_{\text{разр}}} \times 100\% = \frac{8,5}{9} \times 100\% = 94,4\%$;

- для экскаватора с объемом ковша $1,0 \text{ м}^3$: $\text{УПТ}_{1,0\text{м}^3} = \frac{M_{\text{разр.}1,0\text{м}^3}}{P_{\text{разр}}} \times 100\% = \frac{6,5}{9} \times 100\% = 72,2\%$.

16. Принимаем экскаватор с объемом ковша $0,65 \text{ м}^3$, т.к. УПТ данного экскаватора близок к 100%. Если УПТ более 100%, то необходимо принимать большее количество экскаваторов. Чем меньше УПТ, тем экскаватор становится менее эффективным.

Критерии оценивания:

Задание	Баллы
Правильный выбор экскаватора для разработки котлована	20
Верный расчет рабочих в бригаде, занятой на устройстве монолитной железобетонной плиты	15
Верный расчет автобетоносмесителей в смену для доставки бетонной смеси на устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты	15
Итого	50

БЛОК 3. Радиотехника

Входной сигнал состоит из двух идеальных синусоидальных сигналов с частотой $f_1=100$ МГц, $f_2=101$ МГц. Через приемную антенну и входную цепь с полосой пропускания 10 МГц и рабочей частотой 100 МГц такой сигнал поступает на вход усилителя радиочастоты. Амплитуда сигнала на входе усилителя превышает линейный диапазон уровней входного сигнала. После усилителя сигнал поступает на вход преобразователя частоты, где предварительно фильтруется полосовым фильтром с полосой пропускания 5 МГц и центральной частотой 100 МГц. Для преобразования используется следующий закон $IF = |RF - LO|$, LO – частота гетеродина, равная 90 МГц. Укажите причины появления нежелательных составляющих в спектре выходного сигнала, рассчитайте частоты всех компонентов сигнала, появившихся в спектре промежуточного сигнала на выходе преобразователя, предложите и обоснуйте два способа устранения нежелательных компонент.

Ответ:

Так как уровень сигнала на входе усилителя превышает линейный режим работы, то при подаче на его вход двухтонального сигнала на выходе усилителя помимо исходных сигналов появятся интермодуляционные продукты разных порядков. Учитывая наличие фильтра перед преобразователем частоты, на вход преобразователя попадут помимо основных сигналов еще и интермодуляционные составляющие третьего порядка, имеющие частоты соответственно 99 МГц и 102 МГц. Учитывая представленный закон работы преобразователя и частоту гетеродина на выходе смесителя мы получим сигналы на следующих частотах – 10 МГц и 11 МГц – результат преобразования основных сигналов, и 9 МГц и 12 МГц – результат преобразования интермодуляционных составляющих третьего порядка.

Устранить данные компоненты можно выбрав усилитель с большим линейным диапазоном входных сигналов, установив аттенюатор перед усилителем и т.д.

Критерии:

- Правильно определена причина появления нежелательных составляющих в спектре выходного сигнала – 12 баллов
- Корректно рассчитаны частоты всех компонентов сигнала – 26 баллов
- Приведено два корректных способа устранения нежелательных компонент – 12 баллов

БЛОК 4. Энергетика

Для начала необходимо с использованием имеющей информации определить примерное количество ЭЭ, затрачиваемое потребителями для ежедневного обогрева жилых домов до приемлемой температуры, как показано в формуле (1)

$$\mathcal{E} = q_{\text{от}}^{\text{тр}} \cdot \Delta T \cdot V \cdot t \quad (1)$$

- где
- \mathcal{E} - количество ЭЭ, затрачиваемой для обогрева помещения;
 - $q_{\text{от}}^{\text{тр}}$ - нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий. Приводится в таблице 3 задачи
 - ΔT - разница между температурой окружающей среды и приемлемой температурой внутри здания
 - V - объём воздуха в здании, необходимого для нагрева, определяемый как произведение площади здания на высоту потолка здания;
 - t - количество часов, в течение которого потреблялась ЭЭ, необходимая для нагрева помещения

По указанию задания методом интерполяции определяется нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий для здания заданной площади. Распределение значений характеристики для каждого здания приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение объёма воздуха для нагрева

№ дома	1	2	3	4	5	6
Площадь, м ²	300	200	375	260	210	400
Характеристика, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	0,400	0,435	0,379	0,411	0,430	0,372

В соответствии с данными, приведёнными в таблице 1, с учётом высоты потолка можно рассчитать примерный объём воздуха для нагрева. Распределение объёма воздуха для нагрева зданий приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение объёма воздуха для нагрева

№ дома	1	2	3	4	5	6
Площадь, м ²	300	200	375	260	210	400
Объём воздуха, м ³	810	540	1012,5	702	567	1080

В соответствии с данными, приведёнными в таблице 2 можно определить разницу между температурой окружающей среды и приемлемой температурой воздуха внутри рассматриваемых зданий. Информация о разнице температур приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Разница между температурой окружающей среды и приемлемой температурой в течение месяца

№ дня	t. °C	№ дня	t. °C	№ дня	t. °C
1	37	11	25	21	39
2	32	12	26	22	43
3	33	13	24	23	46
4	30	14	32	24	41
5	30	15	32	25	40
6	27	16	34	26	36
7	25	17	35	27	38
8	24	18	35	28	49
9	26	19	24	29	46
10	26	20	31	30	50

С учётом формулы (1) можно составить матрицу размером Д x N, где N – количество рассматриваемых домов, Д – количество суток, в течение которых рассчитывается объём потреблённой электрической энергии. Каждый элемент матрицы при этом содержит значение ЭЭ, необходимой для обогрева соответствующего здания в определённый день. Указанная матрица приведена в таблице 4, причём значение ЭЭ приведено в кВт·ч, то есть произведение, полученное в соответствии с формулой (1) уменьшено в 1 000 раз.

Таблица 4 – Электрическая энергия необходимая для обогрева зданий

	1	2	3	4	5	6
1	287,71	208,35	340,76	256,33	216,70	356,76
2	248,83	180,20	294,71	221,69	187,42	308,55
3	256,61	185,83	303,92	228,62	193,28	318,19
4	233,28	168,93	276,29	207,84	175,71	289,27
5	233,28	168,93	276,29	207,84	175,71	289,27
6	209,95	152,04	248,66	187,05	158,14	260,34
7	194,40	140,78	230,24	173,20	146,42	241,06
8	186,62	135,15	221,03	166,27	140,57	231,41
9	202,18	146,41	239,45	180,13	152,28	250,70
10	202,18	146,41	239,45	180,13	152,28	250,70
11	194,40	140,78	230,24	173,20	146,42	241,06
12	202,18	146,41	239,45	180,13	152,28	250,70
13	186,62	135,15	221,03	166,27	140,57	231,41
14	248,83	180,20	294,71	221,69	187,42	308,55
15	248,83	180,20	294,71	221,69	187,42	308,55
16	264,38	191,46	313,13	235,55	199,13	327,84
17	272,16	197,09	322,34	242,48	204,99	337,48
18	272,16	197,09	322,34	242,48	204,99	337,48
19	186,62	135,15	221,03	166,27	140,57	231,41
20	241,06	174,56	285,50	214,76	181,56	298,91
21	303,26	219,61	359,18	270,19	228,42	376,05
22	334,37	242,14	396,02	297,90	251,85	414,62
23	357,70	259,03	423,65	318,68	269,42	443,54
24	318,82	230,88	377,60	284,04	240,13	395,33
25	311,04	225,24	368,39	277,12	234,28	385,69
26	279,94	202,72	331,55	249,40	210,85	347,12
27	295,49	213,98	349,97	263,26	222,56	366,41
28	381,02	275,92	451,28	339,47	286,99	472,47
29	357,70	259,03	423,65	318,68	269,42	443,54
30	388,80	281,56	460,49	346,39	292,84	482,11

Итоговые значения электрической энергии, потреблённой за все 30 дней с распределением по зданиям, определяется как сумма значений электроэнергии, потреблённой за каждый из рассмотренных 30 дней и приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение значений переданной и потреблённой ЭЭ

№ дома	1	2	3	4	5	6
ЭЭ, переданная по показаниям, кВт·ч	4 102	3 173	4 959	3 163	2 862	5 112
ЭЭ, потреблённая, кВт·ч	7 900,42	5 721,22	9 357,06	7 038,74	5 950,59	9 796,52

По таблице 5 можно увидеть, что значения потреблённой ЭЭ для каждого дома превышает значение ЭЭ, переданной по показаниям прибора учёта. Следовательно каждый дом может являться источником нетехнических (коммерческих) потерь ЭЭ.

БЛОК 5. Машиностроение

Приведенный к ротору двигателя момент инерции

$$I := I_d + I_1 + I_2 \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 + I_3 \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 + m_4 \cdot \left(\frac{r_1 \cdot r_3}{r_2}\right)^2$$

$$I = 3.712$$

Приведенный к ротору двигателя момент сопротивления

$$M_c := \frac{m_4 \cdot g \cdot r_1 \cdot r_3}{r_2 \cdot \eta}$$

$$M_c := 71.08$$

Дифференциальное уравнение

$$I \frac{d\omega}{dt} = a - b\omega - M_c$$

$$I \frac{d\omega}{dt} = (a - M_c) - b\omega$$

$$\frac{d\omega}{(a - M_c) - b\omega} = \frac{dt}{I}$$

$$\frac{-1}{b} \ln|(a - M_c) - b\omega| = \frac{t}{I}$$

$$(a - M_c) - b\omega = e^{\frac{-bt}{I}}$$

$$\omega(t) = \frac{1}{b} \left[a - M_c - e^{\frac{-bt}{I}} \right]$$

$$M_c := \left(\frac{50 \cdot g \cdot r_3 \cdot r_1}{r_2 \cdot \eta} \right) = 68.842$$

$$\omega := \left(\frac{a - M_c}{b} \right) = 2.832$$

$$v_4 := \left(\frac{\omega \cdot r_1 \cdot r_3}{r_2} \right) = 0.378$$

Установившаяся скорость подъема груза

$$V_4 = \left(\frac{a - M_c}{b} \right) \frac{r_1 r_3}{r_2} = 0,378 \text{ м/с}$$