

направление «Инженерные науки»

Олимпиадное задание по направлению «Инженерные науки» состоит из двух частей.

Инвариантную часть нужно выполнить всем участникам.

Вариативная часть разделена на пять блоков, следует сосредоточиться только на одном из них.

Время выполнения заданий – 180 минут. Максимальное количество баллов – 100

ИНВАРИАНТНАЯ ЧАСТЬ (50 баллов)

Однажды два жадных медвежонка нашли головку сыра, масса которой $M = 7$ кг. Они хотели поделить сыр поровну, но не сумели: разломали головку на два куска массой $M_1 = 4$ кг и $M_2 = 3$ кг. Стали медвежата рычать друг на друга, на шум прибежала Лиса и предложила медвежатам свою помощь в справедливом разделении сыра.

За одну минуту Лиса съела от первого куска столько сыра, что массы первого и второго кусков стали одинаковыми, а затем мгновенно откусила от первого куска ещё b_1 кг. Тогда второй кусок стал больше. И за полминуты Лиса съела от второго куска столько сыра, что массы первого и второго кусков стали одинаковыми, после чего мгновенно откусила от второго куска ещё b_2 кг.

После этого Лиса за четверть минуты съела от первого куска столько сыра, что массы первого и второго кусков опять стали равны, а затем мгновенно откусила от первого куска ещё b_3 кг. И опять второй кусок стал больше. Тогда Лиса за одну восьмую минуты съела от второго куска столько, что массы кусков опять стали одинаковыми, а после этого мгновенно откусила от второго куска ещё b_4 кг.

И так Лиса всё делила и делила сыр.

Ровно через две минуты Лиса остановилась, очень довольная собой.

Докажите, что Лиса бесконечно много раз откусила от каждого куска.

Сколько сыра досталось Лисе за эти две минуты, если $b_n = \frac{2}{n \cdot (n+2)}$, $n = 1, 2, 3, \dots$?

Сколько сыра осталось каждому медвежонку?

Может ли Лиса выбрать числа b_n так, чтобы через две минуты каждому медвежонку сыр остался, но при этом первому досталось больше? Если нет, докажите, если да, то приведите пример.

ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ (50 баллов)

Выберите **только один** из предложенных блоков. В бланке ответов обязательно укажите номер блока

БЛОК 1. Материаловедение

Между Сциллой и Харибдой

История о пуансонах и матрицах, которые «поплыли»...



Небольшое металлургическое предприятие освоило выпуск продукции (см. рис.). Это массовое производство, объемом $\approx 10^4$ т/год. Размеры подкладки 165×370 мм, в месте пробивки отверстий ($\varnothing 26$ мм) толщина пластины 12 мм, материалы Ст 3, Ст 4 или их аналоги.

Подкладка изготавливается из горячекатаной полосы, которая рубится в размер на кривошипном прессе. Далее детали двигаются по транспортеру в зону индукционного нагрева, где их нагревают до $T \leq 700^\circ\text{C}$. По окончании, подкладки поштучно поступают на пресс для прошивки отверстий, затем далее на фрезерование пазов, отделку и т.д.

Озабоченность производителей вызывала низкая стойкость пуансонов и матриц прессы прошивки отверстий, в процессе работы изменялись («уплывали») их геометрические размеры. Это приводило к появлению брака и потере производительности из-за частой остановки линии для замены штампового инструмента. Пуансоны и матрицы изготавливались из стали 5ХГМ со «стандартной» окончательной термической обработкой (нагрев в соляной ванне 840°C , выдержка, закалка в масле, отпуск (540°C , 2 ч), охлаждение не регламентировано). Твердость 42 ± 1 HRC.

«Недостаточная твердость!» - решил юный технолог по имени Одиссей, и снизил температуру отпуска почти на 100°C . Твердость возросла, но не значительно и составила 46 ± 1 HRC. Штампы больше не «плыли», они

направление «Инженерные науки»

разрушались значительно раньше от образующихся трещин. Хорошо, что объем «экспериментальной» партии был не велик. Дальнейшие «исследования» происходили не столь кардинально, однако при повышении температуры наблюдалась постепенная потеря геометрии, а снижение - вело образованию трещин, без значительных изменений твердости.

Одиссей был смышленным малым, где-то слышал, что твердость стали зависит от содержания углерода и сумел убедить руководство заменить сталь на 6XB2C, которая была в достаточном количестве на предприятии. Термическая обработка осталась прежней. Твердость после термической обработки, возросла до 47 ± 1 HRC. Стойкость инструмента немного повысилась, однако он продолжал «плыть» при высокой температуре отпуска, при снижении температуры – ломаться, а иногда, что совсем странно, ломались и достаточно мягкие пуансоны.

С тех пор Одиссей так и мается, золотую середину пытается найти. Так ведь и состариться можно на таком сизифовом труде. Но про «сизифов труд» - это совсем другая история...

1. Охарактеризуйте стали 5ХГМ и 6XB2C по классификационным признакам. (12 баллов)
2. Перечислите пять свойств стали, которые Вы считаете главными при эксплуатации штампового инструмента в данных условиях. (3 балла)
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. (3 балла)
4. С позиции процессов, происходящих при термической обработке, назовите причину, по которой штампы разрушались, без значительных изменений твердости при снижении температуры отпуска. (7 баллов)
5. Одиссей не стал менять режим термической обработки при замене стали. А Вы? (7 баллов)
6. Как избежать «странность» разрушения сравнительно мягкого штампового инструмента, отпущенного при высокой температуре? Что нужно контролировать? (3 балла)
7. Оцените возможность применения новой стали для пуансонов и матриц. Аргументировано предложите сталь или совместно «сталь+технология». Постарайтесь не разорить на инструменте владельцев предприятия. (5 баллов)
8. На какое технологическое свойство стали Вы обратили бы внимание в первую очередь в свете проблем, возникших у Одиссея? (1 балл)
9. Перечислите технологии упрочнения, которые можно было бы предложить для повышения эксплуатационной стойкости данного инструмента деформации. (4 балла)
10. Подробно опишите технологию упрочнения (цели, схема, подготовка детали, технологические операции, режимы, контроль качества и пр.), которая кажется Вам наиболее рациональной. (5 баллов)



БЛОК 2. Строительство

При устройстве работ нулевого цикла при возведении жилого здания строительной компании необходимо выполнить следующие работы:

- разработка котлована экскаватором;
- планировка дна котлована бульдозером;
- устройство бетонной подготовки под фундаментную плиту;
- устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты.

В соответствии графиком производства работ, подрядчик должен выполнить работы за 18 дней. При этом, планировка дна котлована выполняется в течение одной смены, устройство бетонной подготовки – в течение двух смен.

Подрядчиком принято решение производство земляных работ выполнять в одну смену, работы по устройству бетонных и железобетонных конструкций выполнять в две смены. Продолжительность смены 12 часов. Работы выполняются с использованием одного экскаватора, одного бульдозера и одного монтажного крана. Все работы выполняются последовательно. Устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты начинается сразу после устройства бетонной подготовки (без технологических простоев).

направление «Инженерные науки»

Габариты котлована: длина по верху – 76,5 м; длина по низу – 75,0 м; ширина по верху – 16,3 м; ширина по низу – 14,8 м; глубина – 3,0 м.

Габариты фундаментной плиты: длина – 73,5 м; ширина – 13,3 м; высота – 0,6 м.

Подрядчик имеет возможность взять в аренду экскаваторы с объемом ковша 0,5 м³; 0,65 м³; 1,0 м³.

При этом, норма времени на разработку грунта у данных экскаваторов составит:

для экскаватора с объемом ковша 0,5 м³ – 34,5 часа / 1000 м³;
для экскаватора с объемом ковша 0,65 м³ – 29,0 часа / 1000 м³;
для экскаватора с объемом ковша 1,0 м³ – 22,0 часа / 1000 м³.

Нормы времени на устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты с помощью крана:
179,0 чел-ч / 100 м³; 26,96 маш-ч / 100 м³.

Цикл работы одного автобетоносмесителя объемом 6,0 м³ составляет 90 минут.

Необходимо определить:

1. оптимальный экскаватор для разработки котлована;
2. количество рабочих в бригаде, занятой на устройстве монолитной железобетонной плиты;
3. количество автобетоносмесителей в смену для доставки бетонной смеси на устройство монолитной железобетонной фундаментной плиты.

Критерии оценки	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
Максимальный балл	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 центральной 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.

1. Укажите причины появления нежелательных составляющих в спектре выходного сигнала.
2. Рассчитайте частоты всех компонентов сигнала, появившихся в спектре промежуточного сигнала на выходе преобразователя.
3. Предложите и обоснуйте два способа устранения нежелательных компонент.

Критерии оценки	Баллы
Правильно определена причина появления нежелательных составляющих в спектре выходного сигнала	15
Корректно рассчитаны частоты всех компонентов сигнала	20
Приведено два корректных способа устранения нежелательных компонент	15
Максимальный балл	50

БЛОК 4. Энергетика

Проанализируйте электропотребление собственников частных жилых одноэтажных домов для выявления недобросовестных пользователей электрической энергии.

В качестве анализируемых данных предоставляются месячные показания счётчиков электрической энергии, а также ежедневные средние значения температуры в течение месяца.

направление «Инженерные науки»

В качестве комфортной температуры принимается 20 °С.

Высота потолков зданий составляет 2,7 метра.

Информация о жилых домах приведена в таблице 1. Информация о температурах приведена в таблице 2.

Таблица 1 – Информация о потреблении энергоресурсов для частных домов

№ дома	1	2	3	4	5	6
Площадь, м ²	300	200	375	260	210	400
ЭЭ, кВт·ч	4 102	3 173	4 959	3 163	2 862	5 112

Таблица 2 – Температура окружающей среды в течение месяца

№ дня	t, °С	№ дня	t, °С	№ дня	t, °С
1	-17	11	-5	21	-19
2	-12	12	-6	22	-23
3	-13	13	-4	23	-26
4	-10	14	-12	24	-21
5	-10	15	-12	25	-20
6	-7	16	-14	26	-16
7	-5	17	-15	27	-18
8	-4	18	-15	28	-29
9	-6	19	-4	29	-26
10	-6	20	-11	30	-30

Для расчёта тепловой энергии использовать нормируемую (базовую) удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных зданий, в соответствии с таблицей 3. Для промежуточных значений площади рекомендуется использовать метод линейной интерполяции.

Таблица 3 – Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию малоэтажных жилых многоквартирных зданий

S, м ²	50	100	150	250	400
$q_{от, тр} \frac{Вт}{м^3 \cdot °С}$	0,579	0,517	0,455	0,414	0,372

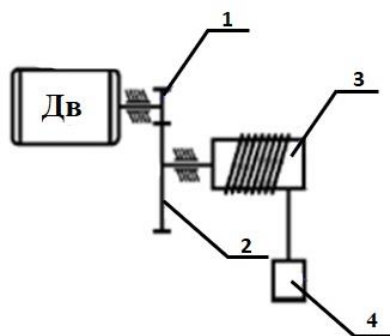
Необходимо проанализировать данные и выдать рекомендации по тому, каким образом эти данные могут быть использованы для выявления недобросовестных пользователей электроэнергии.

	Критерии оценки	Баллы
1	Соответствие ответа вопросу и уровень аргументации	
	Ответ на вопрос свидетельствует о точном и глубоком понимании вопроса. Предложено решение, использованы нужные формулы	10-9
	Ответ на вопрос дан, но свидетельствует о неточном понимании вопроса И/ИЛИ приведены необходимые аргументы по обоснованию расчетных формул	8-7
	Ответ на вопрос дан, но свидетельствует о поверхностном понимании вопроса И/ИЛИ предложены варианты решения, но не соответствующие заданию	6-5
	Ответ на вопрос дан частично, нет аргументации, решение не соответствует заданию	4-3
	Ответ на вопрос не соотнесен с заданием	2-1
2	Умение выстраивать обоснованную технологию	
	Предложенное решение позволяет получить ответ. Решение грамотно и верно обосновано Учтены ключевые и дополнительные влияющие факторы	10-9
	Решение обосновано. Но учтены не все влияющие факторы	8-7
	Технологическое решение позволяет получить реальное решение проблемы. Но решение не до конца обосновано/частично применимо/существуют более эффективные решения	6-5
	Эффект от решения минимален. Решение не эффективно	4-3
	Приведенное решение не применимо	2-1
3	Инновационная составляющая	
	Предложено оригинальное решение, применение которого обосновано и актуально. Решение позволяет получить эффект и может быть применено в реальных условиях	10-9

	Предложенное решение инновационно, может принести эффект, но суть предложения не проработана/ не до конца. Актуальность не очевидна	8-7
	Эффект от предложенных решений минимален и не обоснован. Не позволяет получить эффект	6-5
	Предложенные решения не применимы в данных условиях	4-3
	Отсутствуют инновации	2-1
4	Структура и логика	
	Единая линия решения, выстроенная по единой логике: от частного к общему или от общего к частному, отсутствие провалов в аргументации	10-9
	Логика присутствует, однако, есть небольшие неточности	8-7
	В общей логике решения задачи допущена ошибка, но она не является критичной	6-5
	Присутствуют две ошибки, нарушающие логику, но решение задачи есть	4-3
	Логика нарушена, решение задачи не является логически изложенным	2-1
5	Реалистичность предложенных решений	
	Решение реализуемо в современном мире, предложенные решения технически реализуемы	10-9
	Решение реализуемо, но есть компонент технической сложности выполнения, либо нет учета географических особенностей объекта	8-7
	Решение реализуемо частично, однако, решение не является надежным / экологически эффективным	6-5
	Решение в большей части является сложным / в большей части невозможным в реализации	4-3
	Решение не реализуемо	2-1
	Максимальный балл	50

БЛОК 5. Машиностроение

Для машинного агрегата (подъемника), схема которого изображена на рисунке, составить уравнение движения в дифференциальной форме. Принять значения параметров машинного агрегата $m_4 = 50 \text{ кг}$, $I_{\text{дв}} = 0,035 \text{ кг м}^2$, $I_1 = 2,5 \text{ кг м}^2$, $I_2 = 4 \text{ кг м}^2$, $I_3 = 6 \text{ кг м}^2$, $r_1 = 0,2 \text{ м}$, $r_2 = 0,6 \text{ м}$, $r_3 = 0,4 \text{ м}$. $M_{\text{дв}} = a - b\omega_{\text{дв}}$. $a = 83$, $b = 5$. Найти установившуюся скорость подъема груз 4. Принять КПД механизма равным $\eta = 0,95$.



	Критерии оценки	Баллы
1	Соответствие ответа вопросу и уровень аргументации	
	Ответ на вопрос свидетельствует о точном понимании вопроса. Приведены необходимые аргументы	15
	Ответ на вопрос дан, но свидетельствует о поверхностном понимании вопроса И/ИЛИ приведены аргументы на основе пересказа текстов.	5
	Ответ на вопрос не соотнесен с заданием	0
2	Умение выстраивать сопоставление	
	Сопоставление выстроено грамотно, нет логических ошибок	15
	Сопоставление выстроено формально И /ИЛИ допущены логические ошибки	5
	Ответ построен не на основе сопоставления	0
3	Умение использовать терминологию	
	В ответах уместно и точно использованы необходимые термины	10
	В ответе не использованы термины ИЛИ допущено более одной ошибки в использовании терминов	3
4	Качество письменной речи	
	В ответе нет орфографических, пунктуационных, речевых, грамматических ошибок ИЛИ допущена одна ошибка любого вида.	10
	В ответе допущено суммарно не более 2 ошибок любого вида	5
	Максимальный балл	50