



**Междисциплинарная многопрофильная олимпиада
«Технологическое предпринимательство»
Профиль «Ресурсосберегающие технологии»
Заочный этап
10-11 класс**

Уважаемый участник!

Вы приступаете к выполнению заданий Междисциплинарной многопрофильной олимпиады «Технологическое предпринимательство». Прежде, чем Вы начнете, оргкомитет просит учесть несколько правил, выполнение которых необходимо:

1. Вы можете выполнять задания и загружать работу до окончания приема работ в 23:59 часов по московскому времени 6 февраля 2017 года. Иного таймера нет.
2. Просим не задерживать выполнение: при опоздании даже на 5 секунд система закроет прием работ, и Ваша работа не будет принята к рассмотрению.
3. Работа выполняется ТОЛЬКО самостоятельно. Коллективное выполнение работ запрещено: все одинаковые работы будут аннулированы.
4. Все решения необходимо печатать либо писать печатными буквами на белых листах формата А4, затем сохранять файл как PDF и после этого загружать в Личный кабинет. Пример для MS WORD: Файл→Сохранить как...→Тип файла PDF (*.pdf).
5. Прием работы через электронную почту не производится. Только через Личный кабинет.
6. Запрещено «переконвертировать» файл, просто переименовав у него расширение на PDF: в таком виде он не читается и не будет проверен. За него будет выставлена оценка 0 баллов.
7. После загрузки работы Вам будет направлено письмо. У Вас есть 24 часа (или менее, если до конца приема работ осталось меньше времени) на проверку загруженного файла и его замену. Просим не пренебрегать этой возможностью и проверять загруженный файл, в том числе на отсутствие технических сбоев при загрузке, препятствующих открытию и чтению файла.
8. Необходимо загружать работу только в специально отведенное поле, не путая профили.
9. Запрещено подписывать работы или иным способом указывать на автора. Работа с указанными персональными данными участника будет аннулирована.
10. Необходимо четко выполнять требования к объему работы, если он указан в задании.

1. Решите задачу (Максимум 10 баллов)

«Ледяной» водой из холодильника заполнили электрический чайник так, что льдинки в него не попали. Чайник сразу же включили, и вода начала кипеть в нем через $t_1=6$ минут. Если чайник заполнить таким же объемом воды, но при комнатной температуре, то он закипит через $t_2=4,5$ минуты. Оцените, чему равна комнатная температура в градусах Цельсия, если выключенный чайник остывает очень долго, а в почти пустом чайнике вода начинает кипеть почти сразу.

Возможное решение:

Долгое остывание говорит о хорошей теплоизоляции. Тогда все идущее тепло идет на повышение температуры воды в чайнике.

Раз в почти пустом чайнике воды закипает сразу, то его теплоемкость мала и ею можно пренебречь по сравнению с теплоемкостью воды в наполненном чайнике.

В таком случае уравнение теплового баланса при постоянной мощности будет иметь вид:

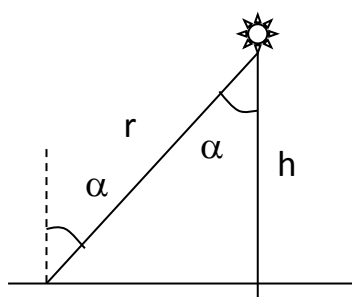
$$\begin{aligned} N \cdot t_1 &= C \cdot 100^\circ\text{C} \\ N \cdot t_2 &= C \cdot (100^\circ\text{C} - T) \\ \frac{t_1}{t_2} &= \frac{100^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - T} \Rightarrow T = 25^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Ответ: $T = 25^\circ\text{C}$

2. Решите задачу (Максимум 10 баллов)

Свет от электрической лампочки с силой света $I = 200$ кд падает под углом $\alpha = 45^\circ$ на рабочее место, создавая освещенность $E = 141$ лк. На каком расстоянии r от рабочего места находится лампочка? На какой высоте h от рабочего места она висит?

Возможное решение:



Освещенность создаваемая лампочкой равна

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}, \text{ отсюда}$$

$$r = \sqrt{\frac{I \cos \alpha}{E}} = \sqrt{\frac{200 \cdot \cos 45^\circ}{141}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 1,41}{141 \cdot 2}} = \sqrt{1} = 1 \text{ м}$$

$$\text{Высота } h = r \cos \alpha = 1 \cdot \frac{1,41}{2} = 0,7 \text{ м}$$

Ответ: $r = 1 \text{ м}; h = 0,7 \text{ м}$

3. Решите задачу (Максимум 20 баллов)

Предприятие ООО «Автореммонтаж» существует более 5 лет на рынке автомобильных услуг города Никитина. Предприятие специализируется на кузовном ремонте и покраске автомобилей. После публикаций в областной и местной прессе результатов опроса авто владельцев города и области о качестве местных автоуслуг, в котором ООО «Автореммонтаж» был признан лидером в своем сегменте, спрос на его услуги резко пошел вверх. Поэтому руководителем и владельцем предприятия



Морусевым К.Г. принято решение о расширении своего бизнеса. Для чего планируется установка новой трехфазной окрасочно-сушильной камеры (общей установленной мощностью 27 кВт), взамен установленной камеры мощностью 15 кВт (коэффициент мощности принять равным 1).

По проекту, приобретаемая камера будет располагаться на месте старой (средняя температура помещения $+20^{\circ}\text{C}$), где по стене помещения проложен трехжильный кабель с алюминиевыми жилами типа ААВ.

Необходимо:

1. Определить сечение кабеля для подключения оборудования и оценить необходимость модернизации электрической проводки для подключения более мощного оборудования.
2. Найти длительно допустимый ток при изменении температуры окружающей среды до $+30^{\circ}\text{C}$ (ответ округлить до целого числа). Как изменится этот ток, если сеть выполнить медным проводом $S = 16 \text{ мм}^2$ (ответ округлить до целого числа).
3. Определить величину капитальных вложений, если стоимость новой камеры составляет 3 млн. рублей, а стоимость модернизации схемы подключения камеры зависит от типа используемого кабеля.

Таблица 1. Длительно допустимый ток трехжильных кабелей с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых на воздухе

Сечение жилы, мм ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
I _д , А	45	65	80	105	130	155	185	210	235	270
Стоимость монтажа, тыс. руб	85	92	97	104	108	115	120	126	132	180

Таблица 2. Допустимые длительные токи для кабелей напряжением до 35 кВ с изоляцией из пропитанной кабельной бумаги в свинцовой, алюминиевой или поливинилхлоридной оболочке приняты в соответствии с допустимыми температурами жил кабелей:

Номинальное напряжение, кВ	До 3	6	10 до 16	20 и 35
Допустимая температура жилы кабеля, оС	+80	+65	+60	+50

Решение

1. Активная мощность симметричного трехфазного приемника

$$P = 3 P_{\phi} = 3 U_{\phi} I_{\phi} \cos \varphi$$

$$I_{\phi} = \frac{P}{3U_{\phi} \cos \varphi} = \frac{15 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 1} = 22,7 \text{ А}$$

При нормальных условиях эксплуатации проводников нахождения сечение проводника сводится к табличным значениям, представленных в таблице 1.

$$S = 16 \text{ мм}^2$$

При P₂=27 кВт

$$I_{\phi} = \frac{P}{3U_{\phi} \cos \varphi} = \frac{27 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 1} = 40,9 \text{ А}$$

При уже выбранном сечении кабеля $S = 16 \text{ мм}^2$ условие $I_{\text{ф}} < I_{\text{д}}$ выполняется, то модернизация электрической проводки не нужна.

2. Согласно закону Джоуля-Ленца, количество тепла, выделяющееся при прохождении через проводник, равно:

$$Q_{\text{выд}} = I^2 R t = I^2 L \left(\gamma \frac{\pi d^2}{4} \right)^{-1} t$$

где

I – ток, А;

L - длина проводника, м;

γ - удельная проводимость, См/м;

d - диаметр проводника, м;

t - время, с.

Количество тепла, рассеиваемого с поверхности проводника, равно

$$Q_{\text{расс}} = \pi d L \Delta T K t,$$

где $\Delta T = T_1 - T_2$

T_1 - температура проводника, °С;

T_2 - температура окружающей среды, °С;

K - коэффициент теплопередачи (зависит от площади поверхности, числа жил, условий прокладки).

В стационарных условиях (установившийся тепловой режим) наступает тепловое равновесие, когда

$Q_{\text{выд}} = Q_{\text{расс}}$, то есть

$$I^2 L \left(\gamma \frac{\pi d^2}{4} \right)^{-1} t = \pi d L \Delta T K t,$$

при этом

$$I^2 = d^3 \Delta T K \gamma.$$

Следовательно,

$$I = \sqrt{S^{3/2} \Delta T K \gamma},$$

где S – сечение проводника.

При температуре окружающей среды +30°С по формуле найдем, что

$$I_{\text{д}}' = I_{\text{д}} \sqrt{\frac{T_{\text{доп}} - T_0'}{T_{\text{доп}} - T_0}} = 45 \sqrt{\frac{60 - 30}{60 - 20}} = 40 \text{ А};$$

$T_{\text{доп}}$ - допустимая температура проводника по ГОСТу;

T_0 и T_0' - расчётная и фактическая температура окружающей среды.

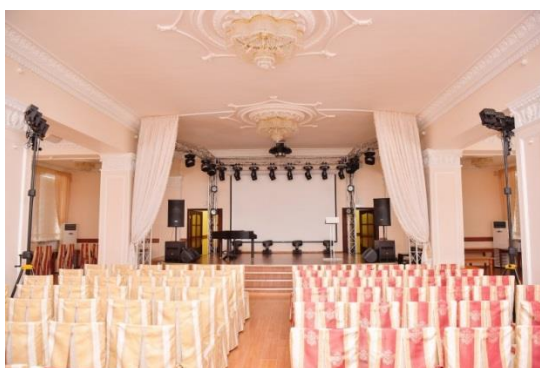
Соотношение тока сети, выполненной медными и алюминиевыми проводниками

$$I'_{\text{дси}} = I'_{\text{дал}} \sqrt{\frac{\gamma_{\text{Cu}}}{\gamma_{\text{Al}}}} = 40 \sqrt{50 \cdot 10^6 / 30,5 \cdot 10^6} = 51 \text{ A}$$

2. Поскольку модернизация схемы подключения камеры не требуется, величина капиталовложений составляет 3 млн. руб.

5	Оценка модернизации электрической проводки: отсутствует
10	Представлено итоговое выражение для нахождения длительно допустимого тока $I = \sqrt{S^{3/2} \Delta T K \gamma}$
15	Определена величина длительно допустимого тока для медного провода: 51 А
20	Определена величина капитальных вложений и установлено, что модернизация сети не требуется

4. Решите задачу (Максимум 20 баллов)



Дирекцией Дома творчества юных (далее ДТЮ) одного из российских городов принято решение о замене осветительной установки в актовом зале (длиной и шириной 20 м, и высотой стен 5 м), по стенам которого на высоте 5 м оборудован карниз. Исходя из ограниченности бюджета ДТЮ, его руководство может закупить либо световой прибор с лампами накаливания (тип лампы ЛОН-100 $\eta_k = 0,6$, световой поток 1000 лм), либо световой прибор отраженного типа с компактными люминесцентными лампами (тип лампы КЛЛ220-60 $\eta_k = 0,8$, световой поток 3600 лм).

Необходимо:

1. С позиции параметров зала и эксплуатационных характеристик определить нужное количество ламп накаливания и люминесцентных в

осветительной установке на основе следующих данных: коэффициенты отражения: потолка – 0,7; поверхности стен – 0,5; пола – 0,1. Нормируемая освещенность $E = 500$ лк, коэффициент использования светового потока 36%, коэффициент запаса $k_3=1,3$.

2. Исходя из величины суммарных затрат на эксплуатацию осветительных установок с двумя разными типами ламп за 5 лет и величины капитальных вложений, выбрать наиболее целесообразный вариант (с точки зрения срока окупаемости) для применения в актовом зале ДТЮ на основе следующих данных: количество рабочих дней в каждом месяце – 22, стоимость электроэнергии – 5,8 руб/ кВт*ч; срок эксплуатации: ЛОН – 100 – 1000ч.; срок эксплуатации КЛЛ220-60 – 8000 ч. Цена ЛОН – 100 составляет 16 руб./шт, КЛЛ220-60 – 150 руб./шт. Стоимость монтажа установки не зависит от выбранных ламп и включает в себя: стоимость работ по монтажу новой осветительной установки, которая составит 65 тыс. руб. и стоимость материалов для монтажа (без учета ламп), которая составит 100000 руб.

Дополнительные данные для расчета приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1. Продолжительность периода искусственного освещения (по месяцам)

№ месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Продолжительность освещения, час. в раб. день	6	6	4	4	2	-	-	-	2	4	4	6

Решение задачи

Условие 1. Сравнение осветительных установок

Вариант	ЛОН-100	КЛЛ220-60
К.п.д. карниза η_k	0,6	0,8
К.п.д. ОУ $\eta = k_{np} \cdot \eta_k$	$0,6 \times 0,36 = 0,22$	$0,8 \times 0,36 = 0,28$
Потребный поток ламп,	$\Phi_{пол} = \frac{E \cdot z \cdot S}{\eta} = \frac{500 \cdot 1,3 \cdot 50}{0,22} = 147,7$	$\Phi_{пол} = \frac{E \cdot z \cdot S}{\eta} = \frac{500 \cdot 1,3 \cdot 50}{0,28} = 116$

Φ , клм		
Поток 1 лампы, клм	$\Phi_l = 1$	$\Phi_l = 3,6$
Число ламп	$N = \frac{\Phi_{пол}}{\Phi_l} = \frac{147,7}{1} = 148$	$N = \frac{\Phi_{пол}}{\Phi_l} = \frac{116}{3,6} = 32$

Условие 2. Расчет срока окупаемости:

1. Расчет продолжительности искусственного освещения в год:

$$T_{год} = (6+6+4+4+2+2+4+4+6) \cdot 22 = 836 \text{ ч. в год}$$

2. Затраты на электроэнергию

$$\text{Для ламп ЛОН} - 100 - 3 \text{ эл} = 148 \cdot 0,1 \cdot 5,8 \cdot 836 = 71762,2 \text{ руб год.} \cdot 5 = 358811,2 \text{ руб.}$$

$$\text{Для ламп КЛЛ 220-60} - 3 \text{ эл} = 32 \cdot 0,06 \cdot 5,8 \cdot 836 = 9309,7 \text{ руб в год} \cdot 5 = 46548,5 \text{ руб.}$$

3. Затраты на замену ламп (на 5 лет)

$$\text{Продолжительность освещения за 5 лет: } T_{осв} = 836 \cdot 5 = 4180 \text{ часов}$$

Следовательно, необходима замена ЛОН 1000 – 4 раза ($4180/1000 \approx 4$), затраты составят:

$$16 \cdot 148 \cdot 4 = 9472 \text{ руб.}$$

КЛЛ 220-60 – замена не требуется

4. Суммарные затраты на эксплуатацию:

$$\text{Для ламп ЛОН 100} - 3 \text{ э} = 358811,2 + 9472 = 368283,2 \text{ руб.}$$

$$\text{Для ламп КЛЛ 220-60} - 3 \text{ э} = 46548,5 \text{ руб}$$

С точки зрения величины эксплуатационных затрат, экономически целесообразным является вариант осветительной установки с лампами КЛЛ 220-60.

В рассматриваемом случае окупаемость варианта ламп КЛЛ 220-60 по сравнению с вариантом с лампами ЛОН 100 можно определить следующим образом:

$$T = \frac{4800 - 2368}{71762,2 - 9309,7} = 0,04 \text{ года}$$

Критерии оценки

5	Определено точное число ламп (ЛОН-100 = 148 шт.; КЛЛ220-60 = 32 шт.)
10	Рассчитаны суммарные затраты на эксплуатацию (ЛОН-100 = 221467.6 руб.; КЛЛ220-60 = 27638.16)
15	Установлено, что целесообразным является осветительной установки с лампами КЛЛ 220-60
20	Определен срок окупаемости проекта

5. Решите задачу (Максимум 15 баллов)

Компания «Энский электрозавод» получила заказ на производство большой партии аккумуляторов. Выполнение заказа рассчитано на несколько лет, предполагается, что заказчики будут раскупать его партиями. Компания под это заказ закупила новое дорогостоящее и высокопроизводительное технологическое оборудование, с паспортным сроком службы 10 лет. И при этом столкнулась с рядом вопросов.

1) Некоторые менеджеры завода предложили максимально загрузить новое оборудование с самого начала, тем самым повысив коэффициент загрузки. Насколько такой шаг можно считать правильным? Если Вы считаете такое решение неправильным, укажите на возможные негативные последствия.

2) Изобразите в декартовых координатах, где по оси абсцисс – срок службы оборудования, а по оси ординат – состояние (износ) оборудования, три отрезка, характеризующих:

- форсированное использование (ухудшение характеристик) оборудования,
- естественное ухудшение характеристик,
- улучшенное (за счет использования бережливого производства) состояние оборудования.

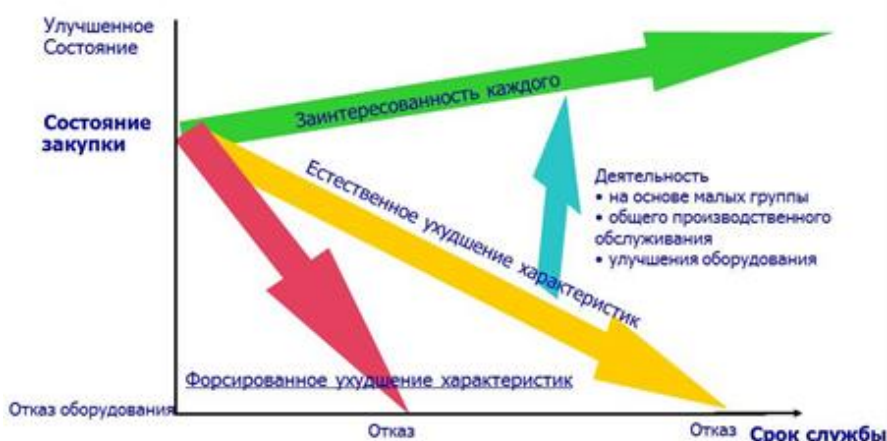
3) Завод решил рассчитать коэффициент доступности оборудования (OEE – Overall Equipment Effectiveness), чтобы понять, насколько правильно используются новые технологические линии. OEE определяется, как произведение трех коэффициентов – доступности (Кд), производительности (Кп) и качества (Кк). В начале года они составляли 0,9; 0,95 и 1, соответственно. В конце года они составили 0,8; 0,95 и 0,3,

соответственно. Рассчитайте коэффициенты ОЕЕ для обоих случаев, сравните результат и попробуйте объяснить, что произошло.

Решение

1) Неправильный шаг. При высоком коэффициенте загрузки на предприятии возникнут потери из-за перепроизводства и роста запасов. При этом возникает риск ускоренного износа оборудования и его отказа в последующие периоды.

2)



$$3) \text{ ОЕЕ (1) } = 0,9 \times 0,95 \times 1 = 0,885$$

$$\text{ОЕЕ (2) } = 0,8 \times 0,95 \times 0,3 = 0,228$$

Снижение коэффициента доступности оборудования произошло за счет резкого падения показателя K_k (увеличилось число дефектов). Менеджменту предприятия необходимо задуматься о ремонте или внеплановом техобслуживании оборудования.

6. Решите задачу (Максимум 15 баллов)

В механическом цеху завода «Луч» изготавливают цилиндры двигателей внутреннего сгорания. Операция производится точением заготовки. Токарь И. получил задание точить цилиндры, но выяснил, что у него нет готовых заготовок. За ними он пошел к бригадиру П. Далее они оба пошли к мастеру С., потом выписали заявку, подписали у завскладом и бухгалтера, через 2 часа получили со склада заготовки, но в это время закончилась смена.

Необходимо описать потери и предложить решения по их минимизации.

Решение:

1) Потери по перемещениям (рабочий и бригадир совершали избыточные движения), потери по времени (в нужное время задание не было выполнено), потери по действиям (участники процесса тратили время на документооборот, который не должен входить в этот процесс), потери по техпроцессу (заготовки подавались со склада очень долго).

2) Минимизация потерь: построение карты технического процесса с обозначением зон, где изделию добавляется ценность (точение заготовки) и зон, не добавляющих ценности (поиск заготовок, перемещения по цеху, оформление заявок, ожидание со склада). Оптимизация (минимизация) зон, не добавляющих ценности:

- приближение склада к участникам технического процесса (организация мини-склада) прямо в цехе,
- электронный документооборот с включением зон ответственности мастера или бригадира,
- организация подачи заготовок и инструментов по принципу «точно вовремя».