

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

**ПРОЕКТ
«ИНЖЕНЕРНЫЙ КЛАСС В МОСКОВСКОЙ ШКОЛЕ»**

Практические ситуационные задачи

Авторы

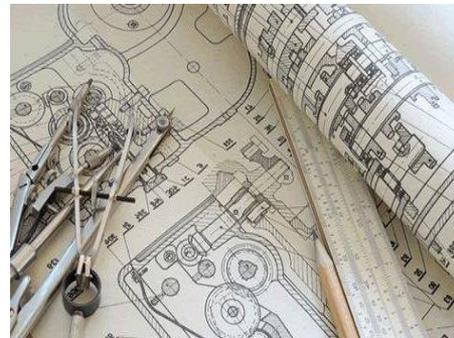
**Буркова Е.Г., Козичев В.В.,
Леонов В.В.**

Москва – 2019

Все ситуационные практические задачи делятся на следующие группы в соответствии с направлениями подготовки инженеров в техническом вузе:

- Технологическое (инженер-технолог);
- Исследовательское (инженер-исследователь);
- Конструкторское (инженер-конструктор);
- Программирование (инженер-программист).

С 2018-19 учебного года добавилось медико-инженерное направление подготовки.



Технологическое направление



Включает задачи, связанные с выбором параметров производственных (технологических) процессов или оборудования. Например, определение параметров обработки резаньем, потребных характеристик токарного станка, технологических условий изготовления изделий из композиционных материалов и т.д.

Исследовательское направление

Включает задачи, в которых требуется получение аналитической зависимости одних величин от других, характеризующей рассматриваемую конструкцию, с учетом действующих условий. Например, задачи оптимизации.



Включает задачи, направленные на определение параметров исследуемой системы или характеристик конструктивного решения, отвечающих условиям эксплуатации или обеспечивающих рациональное решение поставленной задачи. Например, запаса рабочего вещества на борту аппарата.

Направление программирование

Включает задачи, направленные на разработку алгоритмов численного решения поставленной задачи. Например, задачи с переменными (неизвестными) начальными условиями.



- 1. Выделение основных физических процессов, их последовательности и причинно-следственных связей.** Данный пункт подразумевает оценку текстового и графического описания физических процессов.
- 2. Правильная формализация физических процессов, запись основных зависимостей (формул), описывающих физические процессы или состояния элементов системы.** В качестве исходных формул необходимо использовать законы и определения физических величин, общие известные уравнения процессов и состояний.
- 3. Составление системы уравнений, алгоритма расчета, математической модели.** Здесь корректная запись системы является приоритетной относительно упрощения и приведения к удобному виду. Оценивается умение комбинировать и преобразовывать выражения, с целью получения нужных данных.
- 4. Проведение расчетов, получение и представление результата.** Оценивание каждого вопроса задачи производится отдельно с весовым коэффициентом, равным $(1/[\text{количество вопросов}])$, а также добавляется бонусный балл за качество оформления или представления ответа.

Дополнительные критерии оценивания решения задач по направлениям



Технологические задачи:

- до 3 бонусных баллов за корректный выбор и учет параметров производственного (технологического) процесса;
- до 3 дополнительных баллов за качественный анализ факторов, влияющих на параметры и характеристики технологического процесса, предложения по оптимизации процесса.

Исследовательские задачи:

- до 3 дополнительных баллов за корректный подход к анализу влияющих факторов (учет факторов, не отраженных в явном виде в условии, оценка значимости факторов, устранение малозначимых факторов);
- до 3 дополнительных баллов за анализ результатов решения (качественная и количественная интерпретация результатов, оценка области применения, общие выводы из частного решения).

Дополнительные критерии оценивания решения задач по направлениям



Конструкторские задачи:

- до 5 бонусных баллов за учет дополнительных условий технической системы или процесса, не заложенных в стандартное решение и позволяющих получить более точный ответ;
- до 1 бонусного балла за дополнительный анализ полученного результата (определение условий применимости тех или иных конструкторских решений, конструкторские предложения, позволяющие улучшить параметры системы и т.п.).

Дополнительные критерии оценивания решения задач



1. Если решение задачи содержит разрозненные записи, выделены правильно некоторые физические процессы, присутствует одна-две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то ставится 1-2 балла.
2. Верные решения задач могут отличаться от авторских. Допустим учет дополнительных параметров, не предусмотренных авторами в случае, если не нарушаются физические законы и технические закономерности функционирования системы.
3. За отсутствие пояснений, ошибки в численных расчетах при верном пути решения задачи снимается 1-2 балла.
4. В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание проводится по критериям, приведенным для каждой задачи.

Критерии оценивания решения задач



Подпункт	Конструкторская	Технологическая	Исследовательская
1. Выделение физических процессов, последовательности и причинно-следственных связей			
Основные баллы	9	8	10
Графическое описание	+3	+3	+2
Структурирование	+2	+2	+2
Максимальное число баллов за этап	14	13	14
2. Формализация физических процессов			
Основные баллы	8	9	10
Максимальное число баллов за этап	8	9	10
3. Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели			
Основные баллы	8	8	10
Преобразование системы уравнений	+2	+2	+3
Максимальное число баллов за этап	10	10	13
4. Проведение расчетов, получение и представление результата			
Расчеты и результат	9	8	5
Представление результата	+3	+4	+2
Максимальное число баллов за этап	12	12	7
5. Дополнительные баллы в соответствии со спецификой задачи			
Максимальное число баллов за этап	6	6	6
Общее количество баллов			
Максимальная сумма баллов за задачу	50	50	50



1. Выделить (назвать) основные физические процессы и явления, лежащие в основе работы и/или оказывающие влияние на работу описанных в поставленной задаче технических объектов, а также установить их последовательность и причинно-следственные связи.
2. Привести, при необходимости, графическое (схематическое) описание поставленной задачи.
3. Формализовать задачу, т.е. сформулировать вводимые при решении задачи допущения, привести необходимые для её решения базовые физические соотношения (формулы).
4. Определить есть ли необходимость в дополнительных исходных или справочных данных.
5. Составить систему уравнений (математическую модель), решить её, получить аналитические соотношения для искомых величин.
6. Произвести числовые расчеты, проверив соответствие единиц измерения физических величин.
7. Представить полученные результаты в соответствии с вопросами задачи.



1. В билете **1 задача**, содержащая **2..3 вопроса**.
2. Время на решение задачи: **80 минут**.
3. Время на защиту: **5 минут** (включая ответы на вопросы).
4. Максимально количество баллов:
50 баллов (Решение) + 10 баллов (Защита) = 60 баллов.
5. Без защиты работа **не засчитывается**.



**ЗАДАЧИ КОНСТРУКТОРСКОГО
НАПРАВЛЕНИЯ**

Задача 1. Условие



Емкость кубической формы (сторона куба 4 метра) с пенопластовой теплоизоляцией полностью наполнена водяным льдом при температуре 0°C (такая же температура внутренней поверхности теплоизоляции). Плотность льда составляет 917 кг/м^3 , а его теплота плавления 330 кДж/кг . Теплопроводность пенопласта $0.4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, средняя температура окружающей среды (и внешней поверхности теплоизоляции) равна 15°C .

Найти толщину теплоизоляции, обеспечивающей сохранение 30% льда в твердой форме в течение 90 суток.

Задача 1. Дополнительная информация



Для оценки плотности теплового потока q [Вт/м²] через стенку (количества энергии, проходящей через единицу площади поверхности стенки в единицу времени) используется следующая формула:

$$q = \lambda \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{\delta}$$

где λ – теплопроводность материала стенки, Вт/(м·К);

T_1 и T_2 – температура внутренней и наружной поверхности стенки, К;

δ – толщина стенки, м.

Тепловой поток направлен со стороны с большей температурой в сторону с меньшей температурой.

Задача 1. Решение



Время плавления льда определяется поступающей в контейнер тепловой мощностью и теплотой плавления льда.

Тепловая мощность равна произведению плотности теплового потока на площадь поверхности:

$$N = q \cdot S$$

Плотность теплового потока

$$q = \frac{\lambda(T_2 - T_1)}{\delta} = \frac{0.4(15 - 0)}{\delta} = \frac{6}{\delta} \text{ Вт/м}^2$$

Площадь поверхности ёмкости

$$S = 6a^2 = 6 \cdot 4^2 = 96 \text{ м}^2$$

тогда

$$N = \left(\frac{6}{\delta} \right) \cdot 96 = \frac{576}{\delta} \text{ Вт}$$

Задача 1. Решение (продолжение)



Затраты энергии на плавление

$$E = m \cdot r_{пл} = 0.7 \cdot \rho \cdot V \cdot r_{пл} = 0.7 \cdot 917 \cdot a^3 \cdot 330000 = 0.7 \cdot 917 \cdot 4^3 \cdot 330000 = 13556928000 \text{ Дж}$$

Произведение мощности на время равно затратам энергии:

$$N \cdot t = E$$

Потребное время плавления – 90 суток:

$$t = 90 \cdot 24 \cdot 3600 = 7776000 \text{ с}$$

Тогда

$$7776000 \cdot 576 / \delta = 13556928000$$

В ИТОГЕ

$$\delta = 0.33 \text{ м}$$

The background image shows a wide, flat, reddish-brown landscape, possibly a desert or a dry lake bed. In the distance, there are several low, rounded mountains or hills. The sky is a pale, hazy blue. The overall scene is desolate and expansive.

**ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
НАПРАВЛЕНИЯ**

Задача 2. Условие



Турист массой 90 кг отправился в поход и взял с собой 15 кг еды, калорийность которой составляет 300 ккал/100г. В качестве источника энергии у туриста есть ручная динамо-машина, КПД которой равен 20%. Ему необходимо ежедневно выходить на связь в течение 2 минут с помощью рации мощностью 8 Вт.

Маршрут туриста пролегает по горной местности, в день он проходит в среднем 10 км в горизонтальном направлении и при этом осуществляет подъём на 500 м, затрачивая на ходьбу без подъема 1500 ккал в день.

Считать, что энергетические затраты туриста складываются из затрат на перемещение по местности и на работу динамо-машины.

Задача 2. Условие (продолжение)



Вопросы:

- 1) На каком расстоянии и на какой высоте от начальной точки он окажется к тому моменту, когда вся пища закончится? Коэффициент усвоения энергии из пищи равен 10 %.
- 2) Как скоро у него закончатся продовольственные запасы?

Дополнительная информация:

*1 кал = 4.19 Дж

Задача 2. Решение



1) Энергетические затраты на туриста в день

$$E = E_1 + E_2 + E_3,$$

где

E_1 – энергия, затрачиваемая на ходьбу;

E_2 – увеличение потенциальной энергии за счет набора высоты;

E_3 – энергия для обеспечения связи с помощью динамо-машины.

$$E_2 = mgh,$$

где $m = 97.5$ кг – масса туриста вместе с едой с учётом того, что масса еды уменьшается

$$E_3 = \frac{P \cdot t}{0.2},$$

где P – мощность радиации, t – время сеанса связи.

$$E = 1500 \cdot 10000 \cdot 4.19 + 97.5 \cdot 10 \cdot 500 + \frac{8 \cdot 2 \cdot 60}{0.2} = 6.78 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Задача 2. Решение (продолжение)



2) Рассчитаем количество энергии, которое может получить турист от всего запаса продовольствия с учетом коэффициента усвоения:

$$W = 4.19 \cdot m \cdot E \cdot \eta = 4.19 \cdot 15 \cdot 300 \cdot 10000 \cdot 0.1 = 18.86 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

Количество дней, после которого закончатся продукты питания

$$N = \frac{W}{E} = \frac{18.86 \cdot 10^6}{6.78 \cdot 10^6} = 2.8$$

Расстояние туриста по горизонтали к моменту исчерпания запасов еды

$$L = N \cdot L = 2.8 \cdot 10 = 28 \text{ км}$$

Высота, на которую успеет подняться турист

$$H = 2.8 \cdot 500 = 1400 \text{ м}$$



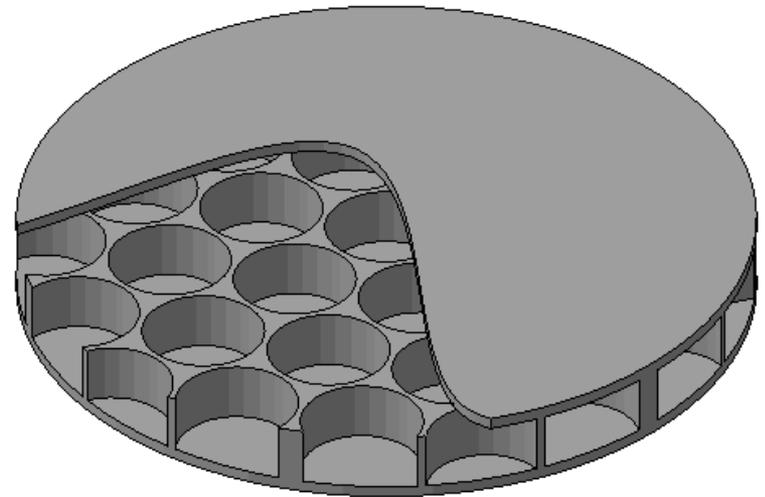
**ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
НАПРАВЛЕНИЯ**

Задача 3. Условие



Общая схема подготовки композиционного материала заключается в пропитке армирующего материала (например, стеклянной ткани) жидким связующим, придании материалу необходимой формы и полимеризации (отверждении) связующего.

Для увеличения жесткости материала разработана схема создания сотовых структур, состоящих из двух слоев материала, разделенных пустотами (областями малой плотности) с тонкими перегородками. Сперва выкладывается нижний слой пропитанной стеклоткани, затем выкладывается слой пенопластовых дисков в виде сотовой структуры, зазоры заливаются связующим и сверху укладывается конечный слой стеклоткани.



Задача 3. Условие (продолжение)



Слой стеклоткани имеет толщину 0.3 мм, армирующая ткань занимает 50% объема слоя. Связующее имеет плотность 1200 кг/м^3 . Пенопластовые диски имеют диаметр 30 мм, высоту 10 мм, плотность 80 кг/м^3 и выкладываются с шагом 32 мм.

Вопросы:

- 1) Определить поверхностную плотность материала [кг/м^2].
- 2) Определить необходимое число работников для подготовки $0,05 \text{ м}^2/\text{мин}$ среднего слоя при условии, что выкладка пенопластовых сот занимает 10 с/шт.

Задача 3. Решение



Описание

Материал состоит из трех слоев. Средняя плотность каждого определяется объемными долями компонентов. Для первого и третьего слоев – ткань и связующее, для среднего слоя – пенопластовые блоки и связующее. Поскольку слои накладываются друг на друга, средняя (поверхностная) плотность материала равна сумме плотностей слоев.

Состав рабочей группы определяется трудозатратами на изготовление 1 м^2 каждого слоя материала.

Задача 3. Решение (продолжение)



Формализация

Средняя объемная плотность:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}{V_1 + V_2} = \frac{V_1 \cdot \rho_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2 \cdot \rho_2}{V_1 + V_2} = v_1 \cdot \rho_1 + v_2 \cdot \rho_2,$$

здесь v_i – доля объема, занимаемая i -м компонентом.

Объемная доля ткани в слое задана по условию и равна 0.5. Таким образом, средняя плотность внешних слоев составляет:

$$\rho = v_1 \cdot \rho_1 + v_2 \cdot \rho_2 = 0.5 \cdot 1200 + 0.5 \cdot 1400 = 1300 \text{ кг/м}^3$$

Для получения поверхностной плотности домножим объёмную плотность на толщину слоя материала:

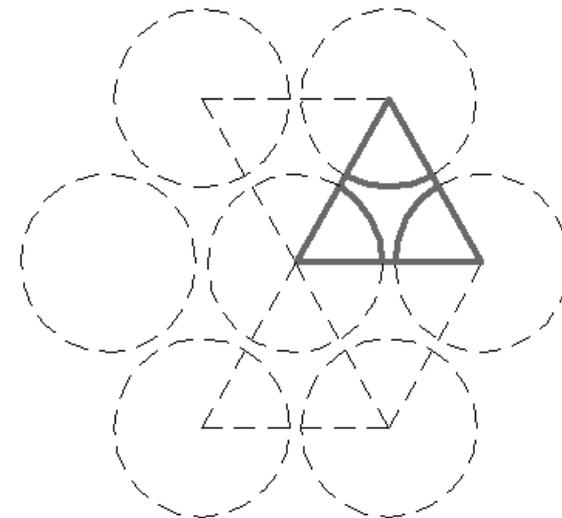
$$\rho_s = \rho \cdot \delta = 1300 \cdot 0.0003 = 0.39 \text{ кг/м}^2$$

Задача 3. Решение (продолжение)



Для оценки доли материалов в среднем слое рассмотрим структуру укладки поверхности. Поскольку структура постоянна по высоте – доля объема будет равна доли площади, занимаемой материалами.

Элементарная ячейка, которой можно замостить всю поверхность, состоит из равностороннего треугольника со стороной 32 мм и трех 60-градусных секторов окружности диаметром 30, что в сумме дает половину площади соответствующего круга.



Очевидно, доля пенопласта равна отношению площади полукруга к площади треугольника. Посчитаем:

$$S_{\text{полуокр.}} = \frac{1}{2} \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot D^2}{8}, \quad S_{\text{треугольн}} = a^2 \frac{\sqrt{3}}{4}.$$

$$V_{\text{пенопласта}} = \frac{S_{\text{полуокр}}}{S_{\text{треугольн}}} = \frac{\pi \cdot D^2}{8} \cdot \frac{4}{a^2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{\pi \cdot D^2}{2 \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{\pi \cdot 30^2}{2 \cdot 32^2 \cdot \sqrt{3}} = 0.797.$$

Задача 3. Решение (продолжение)



Тогда средняя плотность слоя составит:

$$\rho = 0.797 \cdot 80 + 0.203 \cdot 1200 = 307 \text{ кг/м}^3,$$

а поверхностная плотность:

$$\rho_s = \rho \cdot \delta = 307 \cdot 0.01 = 3.07 \text{ кг/м}^2.$$

Тогда общая поверхностная плотность составит

$$\sum \rho_s = 0.39 + 3.07 + 0.39 = 3.85 \text{ кг/м}^2.$$

Задача 3. Решение (продолжение)



2) Длину ряда сот можно принять равной

$$l = a \cdot m$$

где $a = 0.032$ – шаг выкладки, m – количество сот в ряду. Высоту ряда можно принять равной $\frac{a\sqrt{3}}{2}$. Тогда, без учета краев, n таких рядов занимают площадь

$$S = \frac{a^2 \sqrt{3}}{2} m \cdot n$$

Скорость выкладки одним человеком в таком случае, очевидно, составит:

$$v_1 = \frac{S}{m \cdot n \cdot t_0} = \frac{a^2 \sqrt{3}}{2t_0},$$

где $t_0 = 10$ с/шт – время выкладки одной соты. Тогда количество человек, необходимое для выкладки со скоростью $v = 0.05$ м²/мин, определяется соотношением:

$$N = \frac{v}{v_1} = \frac{2v \cdot t_0}{a^2 \sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 0.05 \frac{\text{м}^2}{60\text{с}} \cdot 10\text{с}}{(0.032\text{м})^2 \sqrt{3}} \approx 9.$$

Задача 4. Условие



Для изготовления стеклопластиковых труб проводится намотка на оправку (форму) ткани из тонких стеклянных нитей, пропитанной связующим (жидкий материал, превращающийся в пластмассу под воздействием физических или химических факторов). После этого проводится отверждение связующего. В качестве связующего используется двухкомпонентный состав, состоящий из двух объемных долей эпоксидной смолы и одной объемной доли отвердителя.

Плотность обоих компонентов составляет 1200 кг/м^3 . Стеклянная ткань (плотность материала 2500 кг/м^3) имеет толщину 0.2 мм , а нити занимают 20% её объема.

Для подготовки пропитанной ткани компоненты связующего из двух емкостей под давлением подаются в смеситель, после чего в пропиточную ванну, где происходит пропитка ткани и отжим избыточного связующего перед намоткой.

Задача 4. Условие (продолжение)



Вопросы:

- 1) Каков необходимый расход компонентов связующего (в кг/с) для производства стеклопластиковой трубы средним диаметром 100 мм с толщиной стенки 2 мм, если производительность завода составляет 100 м/час.
- 2) Определите диаметры отверстий для подачи смолы и отвердителя, если избыточное давление подачи составляет 2 атм.
- 3) Определите массу 1 метра трубы.

Дополнительные сведения: объёмный расход жидкости через отверстие в первом приближении может быть определён по формуле

$$Q = S \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где S – площадь сечения отверстия, Δp – избыточное давление в ёмкости с жидкостью, ρ – плотность жидкости.

Задача 4. Решение



Выделение физических процессов:

Прежде всего, указанные материалы расходуются на формирование трубы – то есть заполнение объема её стенки. Зная поперечные размеры трубы можно определить площадь сечения (и объем материала, расходуемый на изготовление 1 метра трубы).

Зная производительность завода (в погонных метрах трубы за единицу времени) и площадь сечения трубы – можно определить суммарный объемный расход материала. Зная объемные доли компонентов (ткани и связующего) можно определить их объемные расходы, а зная их плотности – и массовые расходы.

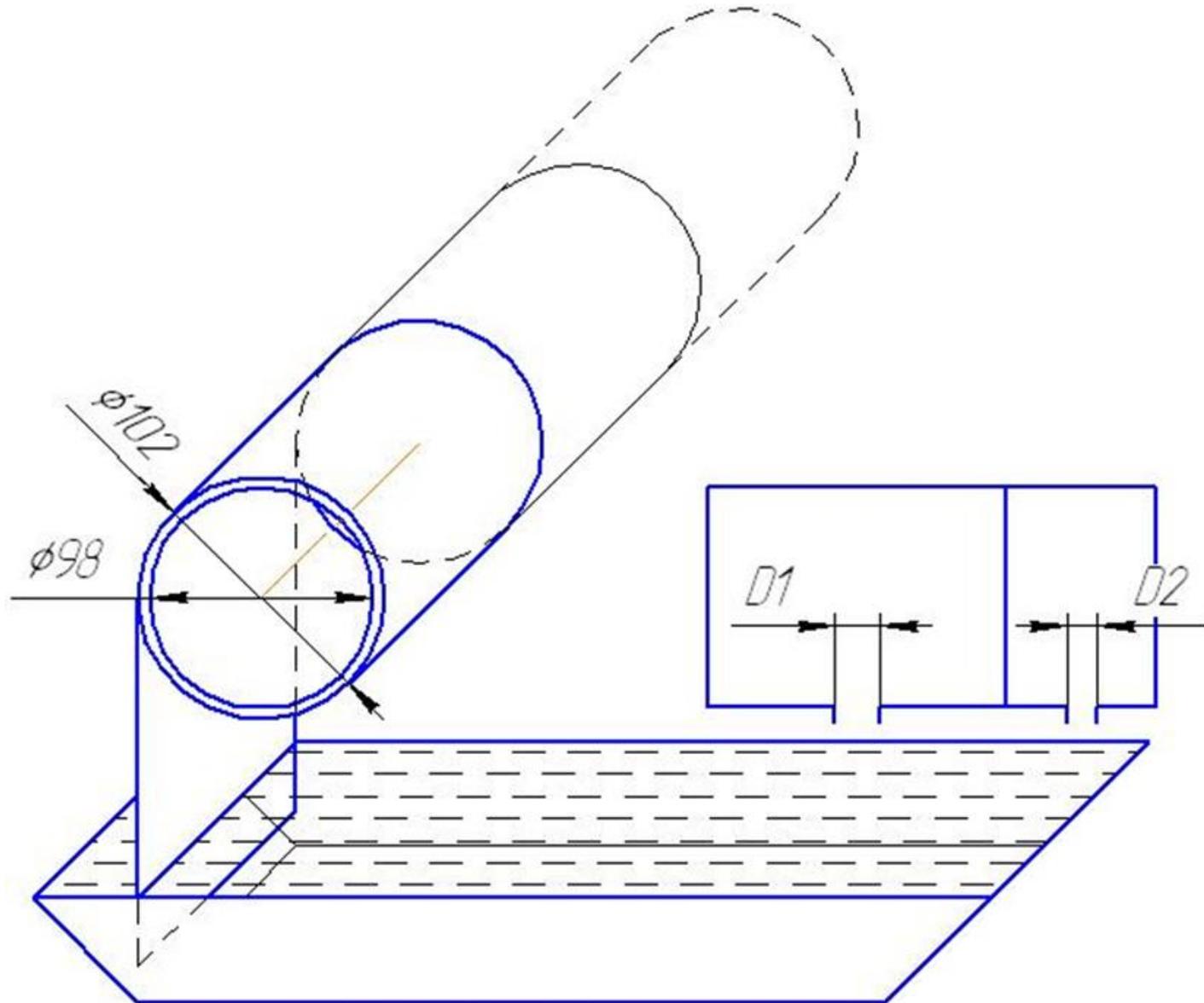
Зная толщину стенки и толщину стеклянной ткани (условно несжимаемой) можно определить количество слоев в трубе и, следовательно, необходимую площадь ткани для изготовления 1 п.м. трубы. А зная производительность завода – общий расход в $\text{м}^2/\text{с}$.

Задача 4. Решение (продолжение)



- Расход ткани и массовые расходы компонентов связующего являются ответом на вопрос №1.
- Из формулы для объемного расхода жидкости, зная плотность материалов и избыточное давление подачи, можно определить площади (а значит и диаметры) отверстий, что является ответом на вопрос №2.
- Стекланная ткань является несжимаемой, но слои ложатся один на другой без зазора. То есть в намотанной на оправку ткани 20% объема занимает стекло, а остальные 80% объема – связующее. Исходя из плотностей материалов, можно найти массу 1 п.м. трубы, что является ответом на вопрос №3.

Задача 4. Решение (продолжение)



Задача 4. Решение (продолжение)



Формализация физических процессов и подготовка системы уравнений, фактически, в данном примере свернуты в один пункт, ввиду отсутствия жесткой последовательности расчетов:

Площадь сечения материала трубы составляет:

$$S = \pi(D^2 - d^2) / 4,$$

где D и d – внешний и внутренний диаметры трубы соответственно.

Объемный расход материала трубы составляет

$$V = S \frac{L}{T},$$

где $L/T = 100$ п.м/час – производительность завода. Для приведения параметров к системе СИ разделим объемный расход на количество секунд в часе:

$$V_s = \frac{SL}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Задача 4. Решение (продолжение)



Объем $l = 1$ п.м трубы составляет $V_1 = S \cdot l$.

Известно, что нити занимают 20% объема ткани, а значит и намотанного материала. Определим потребные объемные расходы компонентов:

$$V_{\text{ткани}} = 0.2V_s,$$

$$V_{\text{смолы}} = \frac{2}{3}(1 - 0.2)V_s,$$

$$V_{\text{отвердителя}} = \frac{1}{3(1 - 0.2)V_s}.$$

Массовый расход ткани определяется объемным расходом материала и его плотностью

$$M_{\text{ткани}} = V_{\text{ткани}} \rho_{\text{стекла}}$$

Массовые расходы смолы и отвердителя, соответственно:

$$M_{\text{смолы}} = V_{\text{смолы}} \rho_{\text{смолы}},$$

$$M_{\text{отв}} = V_{\text{отв}} \rho_{\text{отв}}.$$

Задача 4. Решение (продолжение)



Количество слоев в ткани составляет

$$n = \frac{D - d}{2h}.$$

Здесь $(D - d)/2$ – толщина одной стенки, h – толщина слоя ткани.

Приняв средний диаметр трубы за диаметр намотки, определим длину ткани для намотки полной толщины:

$$X = \pi D_{mid} n.$$

Площадь отверстий выражается из формулы для расхода жидкости

$$Q \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot \Delta p}} = S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}$$

Отсюда диаметр:

$$\sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi}} \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot \Delta p}} = D_1$$

Задача 4. Решение (продолжение)



Проведение расчетов:

1) Расход ткани

$$M_{\text{ткани}} = V_{\text{ткани}} \rho_{\text{стекла}},$$

$$V_{\text{ткани}} = 0.2V_s,$$

$$V_s = \frac{SL}{3600},$$

$$S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4},$$

$$M_{\text{ткани}} = 0.2 \pi \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot \frac{L}{3600} \rho_{\text{стекла}} = 0,2 \pi \frac{0.102^2 - 0.098^2}{4} \cdot \frac{100}{3600} \cdot 2500 = 0.00872 \text{ кг/с}$$

$$M_{\text{смола}} = V_{\text{смола}} \rho_{\text{смола}},$$

$$V_{\text{смола}} = \frac{2}{3}(1 - 0,2)V_s,$$

Задача 4. Решение (продолжение)



$$M_{\text{смолы}} = \frac{2}{3}(1-0,2)\pi \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot \frac{L}{3600} \rho_{\text{смолы}}$$

$$M_{\text{смолы}} = \frac{2}{3}(1-0,2)\pi \frac{0,102^2 - 0,098^2}{4} \cdot \frac{100}{3600} \cdot 1200 = 0,0167 \text{ кг/с}$$

Аналогично

$$M_{\text{отв}} = 0,00837$$

Количество слоев в ткани

$$n = \frac{D-d}{2h} = (0,102 - 0,098) / (2 \cdot 0,0002) = 10.$$

Расход ткани на полную толщину трубы

$$X = \pi D_{\text{mid}} n = \pi \cdot 0,1 \cdot 10 = 3,14 \text{ п.м.}$$

Диаметр отверстия для подачи смолы

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi} \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot \Delta p}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000139}{\pi} \sqrt{\frac{1200}{2 \cdot 200000}}} = 0,00098$$

Задача 4. Решение (продолжение)



Диаметр отверстия для подачи отвердителя, соответственно:

$$D_2 = 0,00069 \text{ м.}$$

Масса 1 метра трубы складывается из массы стеклянной ткани и массы связующего.

Масса ткани для 1 п.м. трубы составляет

$$M_{\text{ткани}} = 0.2S \cdot 1\text{м} \cdot \rho_{\text{стекла}} = 0.2\pi \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot 1\text{м} \cdot \rho_{\text{стекла}} \cdot$$

$$M_{\text{ткани}} = 0.2\pi \frac{0.102^2 - 0.098^2}{4} \cdot 1\text{м} \cdot 2500 = 0.314 \text{ кг}$$

Масса связующего (так как плотность компонентов одинакова — рассматриваем его как один материал с плотностью 1200 кг/м³)

Итого, полная масса 1 п.м. трубы составляет 0.917 кг.

Задача 4. Решение (продолжение)



Ответ:

- 1) Необходимый расход смолы составляет 0.0167 кг/с, отвердителя 0.00837 кг/с.
- 2) Необходимый диаметр отверстий подачи смолы и отвердителя составляет 0.98 мм и 0.69 мм соответственно.
- 3) 1 метр трубы имеет массу 0.917 кг.

Задача 4. Оценка



Подпункт	Максимальное число баллов	Оценка решения
1. Выделение физических процессов, последовательности и причинно-следственных связей		
Основные баллы	8	8
Графическое описание	+3	+1
Структурирование	+2	+1
Максимальное число баллов	13	10
2. Формализация физических процессов		
Основные баллы	9	8
Максимальное число баллов	9	8
3. Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели		
Основные баллы	8	8
Математические преобразования	+2	+1
Максимальное число баллов	10	9
4. Проведение расчетов, получение и представление результата		
Расчеты и результат	8	8
Представление результата	+4	+4
Максимальное число баллов	12	12
5. Дополнительные баллы в соответствии со спецификой задачи		
Максимальное число баллов за этап	6	0
Σ Сумма баллов	50	39

Спасибо за внимание!

<http://ysc.sm.bmstu.ru/elective.htm>