



Фестиваль исследовательских и творческих работ учащихся
«Портфолио»

Изоляция газо и нефтепроводов

Выполнил:
ученик 11 «Б» класса
МБОУ «Общеобразовательная
гимназия №3» г. Архангельска
Чашин Артём Валерьевич
Научный руководитель:
учитель математики ВКК,
Почётный работник общего образования РФ
Косарева Галина Николаевна

Введение

Наиболее важной частью системы объектов производственной инфраструктуры, обеспечивающей функционирование нефтедобывающего комплекса, является сеть трубопроводов различного назначения. При эксплуатации нефтепроводов необходимо соблюдать определённые правила во избежание различных аварий. Огромную роль в надёжности эксплуатации трубопроводов различного назначения играет **трубная изоляция**, т.к. она:

- надёжно защищает от коррозии
- имеет высокую механическую и химическую стойкость
- надёжно выполняет свои защитные функции в условиях высоких температур
- обладает устойчивостью к абразиву
- применяется для ремонта дефектных участков и механических повреждений

Введение

Цель работы: рассмотреть вопрос изоляции газо- и нефтепроводов через решение задач на вычисление объёмов и поверхностей тел.

Задачи:

- изучить историю появления нефтепроводов;
- рассмотреть правила эксплуатации газо- и нефтепроводов;
- проследить за историей создания антикоррозионных покрытий;
- исследовать проблему изоляции газо- и нефтепроводов с математической точки зрения;
- рассмотреть задачи на тему изоляции газо- и нефтепроводов.

Методы исследования:

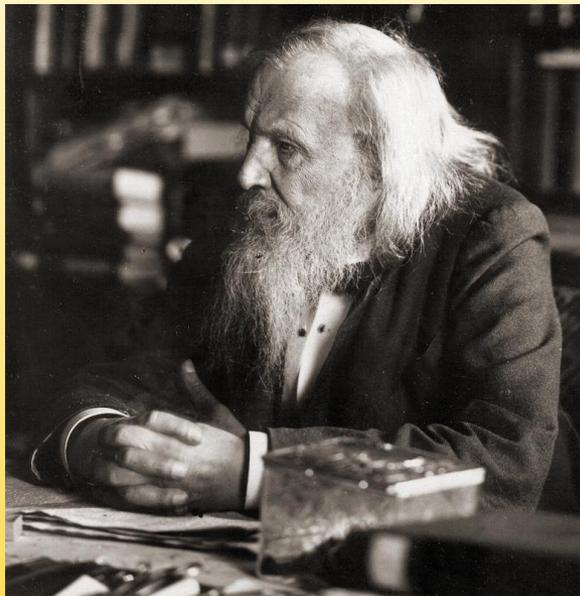
- Анализ и синтез различных источников информации: книг, периодических изданий, интернет-ресурсов;
- Самостоятельное решение задач, исследование их решений, составление задач.

История создания газо- и нефтепроводов

Нефтепровод — трубопровод для передачи на расстояние сырой нефти
(«Толковый словарь русского языка» Ожегова С. И. и Шведовой Н. Ю.)



История создания газо- и нефтепроводов



Дмитрий Иванович Менделеев
(1834—1907 гг.)

В 1863 году русский учёный Д. И. Менделеев предложил идею использования трубопровода при перекачке нефти и нефтепродуктов, объяснил принципы строительства трубопровода и представил убедительные аргументы в пользу данного вида транспорта.



Владимир Григорьевич Шухов
(1853 — 1939 гг.)

В конце 1878 года на Апшеронском полуострове был введен в эксплуатацию первый российский нефтепровод протяженностью около 10 км для перекачки нефти от Балаханского месторождения на заводы Баку. Проект трубопровода был разработан знаменитым инженером В. Г. Шуховым.

Правила эксплуатации газо- и нефтепроводов

- обеспечение надежной, экономичной и безопасной работы сооружений и оборудования
- разработка и внедрение мероприятий по сокращению потерь нефти, охране окружающей среды, экономии электроэнергии, топлива, материалов и других средств
- внедрение новой техники и технологий, способствующих более надежной, экономичной и безопасной работе сооружений и оборудования, повышению производительности труда
- организация и своевременное проведение технического обслуживания, ремонта, ликвидации отказов
- систематическое наблюдение за работой нефтепроводов и принятие мер по поддержанию установленного режима перекачки

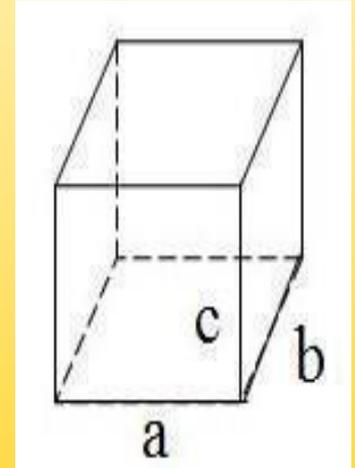
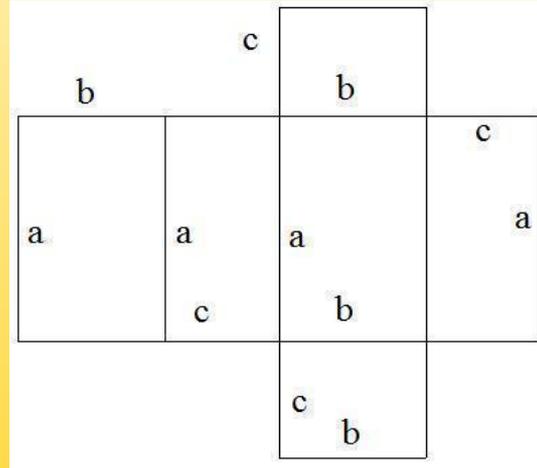
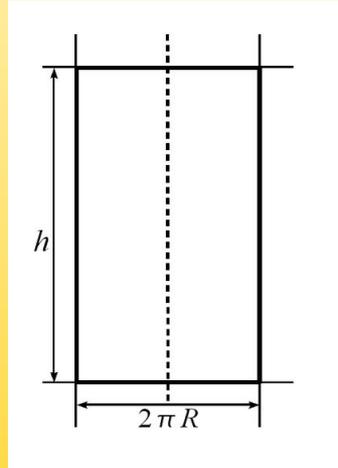
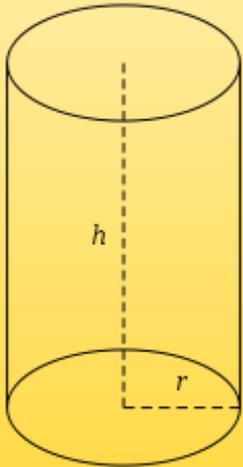
Площадь поверхности трубы - боковая поверхность цилиндра.
 Длина трубы - высота цилиндра.

Объём и площадь боковой поверхности цилиндра

$$V = S_{осн} h$$

$$S = 2\pi r h$$

$S_{осн}$ – площадь основания, r – радиус окружности основания, h – высота цилиндра



Рулон изоляционного материала - полый цилиндр. Если развернуть рулон, то плёнка принимает форму прямоугольного параллелепипеда.

- **Объём и площадь поверхности прямоугольного параллелепипеда**
 $V = abc$
 $S = 2(ab + bc + ca)$
 a, b и c – измерения параллелепипеда.

Решение задач с практическим содержанием

Задачи на вместимость цистерн

Задача 1. (№668) Какое количество нефти вмещает цилиндрическая цистерна диаметром 18 м и высотой 7 м, если плотность нефти равна 0,85 г/см³.

Решение.

1. Найдём объём цистерны: $V_{\text{ц}} = \frac{\pi d^2}{4} h = \frac{3,14 \cdot 18^2}{4} \cdot 7 = 1780,38 \text{ (м}^3\text{)}$.

2. Вычислим массу нефти, вмещаемую цистерной: $m = \rho V_{\text{ц}} = 850 \cdot 1780,38 = 1513323 \text{ (кг)} \approx 1513 \text{ (т)}$.

Ответ: 1513 т нефти.

Задача 2. (№761) Цистерна имеет форму цилиндра, к основаниям которого присоединены равные шаровые сегменты. Радиус цилиндра равен 1,5 м, а высота сегмента равна 0,5 м. Какой длины должна быть образующая цилиндра, чтобы вместимость цистерны равнялась 50 м³?

Решение.

1. Объём цистерны складывается из объёма цилиндра V_1 и объёма шаровых сегментов V_2 и V_3 (т.к. по условию шаровые сегменты одинаковые, то $V_2 = V_3$): $V = V_1 + 2V_2$.

2. Объём цилиндра равен $V_1 = \pi r^2 h$, Объём шарового сегмента равен $V_2 = \pi h_1^2 \left(r - \frac{1}{3} h_1 \right)$.

3. Получаем уравнение $\pi r^2 h + 2\pi h_1^2 \left(r - \frac{1}{3} h_1 \right) = V$, из которого получаем, что

$$h = \frac{V - 2\pi h_1^2 \left(r - \frac{1}{3} h_1 \right)}{\pi r^2} = \frac{50 - 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot \left(1,5 - \frac{1}{3} \cdot 0,5 \right)}{3,14 \cdot 1,5^2} \approx 6,78 \text{ (м)}$$

Ответ: 6,78 м.



Задачи на изоляцию труб от коррозии

Задача 3. Во избежание коррозии трубы двукратно обматывают специальной полихлорвиниловой плёнкой.

1. Вычислить, какую площадь газопровода необходимо обмотать плёнкой, если диаметр трубы 1220 мм, а её длина 10 км;
2. Вычислить, какую площадь нефтепровода необходимо обмотать плёнкой, если диаметр трубы 529 мм, а её длина 10 км;
3. Подсчитать, сколько нужно доставить рулонов плёнки на газопровод и нефтепровод, если высота рулона - 95 см, внешний радиус - 55 см, внутренний радиус - 3 см, толщина плёнки – 0,2 мм.

Решение.

1. Вычислим площадь покрытия трубы газопровода:

$$S_{\text{бок.цил.}} = 2\pi RH = 2\pi * \frac{1220}{2} * 10000 = 12200,0\pi \approx 38308,0 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для двукратного покрытия этой трубы понадобится $38308,0 * 2 = 76616,0 \text{ (м}^2\text{)}$ изоляционной плёнки.

2. Вычислим площадь поверхности трубы нефтепровода:

$$S_{\text{бок.цил.}} = 2\pi RH = 2\pi * \frac{0,529}{2} * 10000 = 16610,6 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для двукратного покрытия трубы нефтепровода необходимо $16610,6 * 2 = 33221,2 \text{ (м}^2\text{)}$ изоляционной полихлорвиниловой плёнки.

Ответ: 1. 38308 м²; 2. 16610,6 м².

Задачи на изоляцию труб от коррозии

3. Рулон представляет собой цилиндр, высотой $H = 95$ см и радиусом $R = 55$ см. Этот цилиндр внутри полый. Полость также представляет собой цилиндр высотой $H = 95$ см и радиусом $r = 3$ см. Вычислим объём рулона:

$$V_{\text{рул}} = \pi R^2 H - \pi r^2 H = \pi H (R^2 - r^2) = \pi H (R - r)(R + r) = 3,14 * 0,95 * (0,55 - 0,03) * (0,55 + 0,03) \approx 0,90 \text{ м}^3.$$

Если развернуть рулон, то плёнка примет форму прямоугольного параллелепипеда длиной x мм, шириной 950 мм, высотой 0,2 мм и объёмом $V=0,90 \text{ м}^3$. Отсюда составляем уравнение

$$0,90 = 0,95 * 0,0002 * x. \text{ Тогда } x = \frac{0,9}{0,95 * 0,0002} \approx 4736,84 \text{ мм}.$$

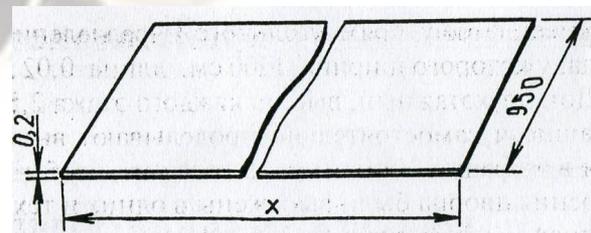
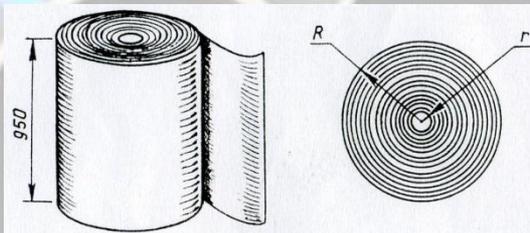
Найдём площадь S поверхности плёнки. Её поверхность представляет собой прямоугольник длиной x , шириной 950 мм, где $x = 4736,84$ (м), т.е. $S = 0,95 * 4736,84 = 4499,998 \approx 4500 \text{ м}^2$.

Итак, в одном рулоне 4500 м^2 плёнки.

Вычислим, сколько рулонов изоляционной плёнки необходимо доставить на газопровод:

$76616,0 : 4500 = 17,026 \approx 17,1$ (рулонов). Если приобрести 17 рулонов, то плёнки не хватит, следовательно, необходимо закупить 18 рулонов. Узнаем, сколько рулонов плёнки необходимо для обмотки нефтепровода длиной 10 км: $33221,2 : 4500 = 7,38 \approx 8$ (рулонов).

Ответ: 18 и 8 рулонов.



Задачи на изоляцию труб от коррозии

Задача 4. Пусть d – наружный диаметр трубы, l – её длина, n – количество слоёв, которыми её нужно покрыть, а h – толщина плёнки. Вычислить площадь поверхности трубы, которую необходимо обмотать плёнкой, и количество рулонов, которое понадобится для этого, если рулон представляет собой цилиндр высотой H и радиусом R , полый внутри. Радиус полости равен r .

Используя рассуждения предыдущей задачи, получаем, что количество рулонов изоляционной плёнки равно

$$p = \left\lfloor \frac{S_{\text{плёнки}}}{S} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{n\pi l(d+h(n-1))h}{\pi H(R^2-r^2)} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{nhl(d+h(n-1))}{H(R^2-r^2)} \right\rfloor \text{ (рулонов)}.$$

Возможные диаметры труб газопроводов и нефтепроводов

Диаметры труб, мм	
газопровода	нефтепровода
1020	375
1220	529
1420	720

Задачи на изоляцию труб от коррозии

Задача 5. При небрежной транспортировке рулонов изоляционного материала на их поверхности появляются трещины, в результате чего образуется срыв, идущий в отходы. Очевидно, что эти отходы тем меньше, чем меньше полная поверхность рулона при данном его объёме. Исследовать, при каком соотношении между диаметром и длиной (т.е. образующей) рулона срыв будет наименьшим.

Решение.

По теореме **сумма n положительных слагаемых, произведение которых дано, имеет наименьшее значение тогда и только тогда, когда все эти слагаемые равны между собой.**

Задача сводится к нахождению такого соотношения между радиусом R основания и высотой H цилиндра, чтобы при данном объёме V цилиндра его полная поверхность имела наименьшую величину. Имеем: $S = 2\pi RH + 2\pi R^2$ (1), $H = \frac{V}{\pi R^2}$ (2), а поэтому $S = \frac{2V}{R} + 2\pi R^2 = \frac{V}{R} + \frac{V}{R} + 2\pi R^2$ (3). Требуется найти то значение R , которому при данном V соответствует наименьшее значение суммы $\frac{V}{R} + \frac{V}{R} + 2\pi R^2$. Выражение $\frac{V}{R} + \frac{V}{R} + 2\pi R^2$ представляет собой сумму трёх положительных слагаемых, произведение которых $\frac{V}{R} * \frac{V}{R} * 2\pi R^2 = 2\pi V^2$ неизменно, так как V – данная величина. Поэтому на основании теоремы о наименьшей величине суммы положительных слагаемых, произведение которых остаётся неизменным, имеем, что при данном V величина S достигает наименьшего значения тогда и только тогда, когда $\frac{V}{R} = 2\pi R^2$, т.е. когда $V = 2\pi R^3$ (4). Из формул (2) и (4) найдём, что $H = 2R$.

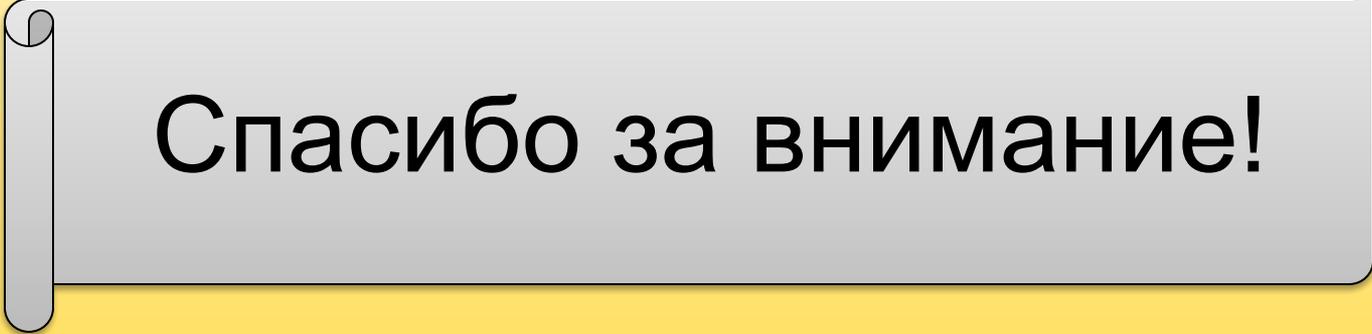
Ответ: при $H=2R$

Заключение

В ходе исследования мы:

- рассмотрели историю появления нефтепроводов, правила их эксплуатации, историю создания антикоррозионных покрытий;
- доказали теоремы о вычислении объёмов и площадей поверхностей прямоугольного параллелепипеда, цилиндра и шарового сегмента, о сумме n положительных слагаемых;
- решили задачи на вместимость цистерн, на изоляцию труб от коррозии, на транспортировку рулонов изоляционного материала;
- обобщили задачу о расчёте количества рулонов, необходимых для покрытия трубопровода

Практическая значимость нашего исследования состоит в том, что его можно использовать для проведения интегрированного урока, спецкурсов, факультативов с целью профориентации.



Спасибо за внимание!