

УДК 372.851

## ДЕЛОВАЯ ИГРА КАК ПРИЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ

**Аннотация.** Одним из приемов формирования функциональной грамотности является деловая игра «Промышленная экспертиза». При проведении данного внеурочного занятия учащиеся проводят инженерный расчет остаточного срока службы трубопровода в результате коррозии. Данное занятие имеет большое практическое значение и позволит применять полученные знания в высших учебных заведениях при обучении в технических вузах.

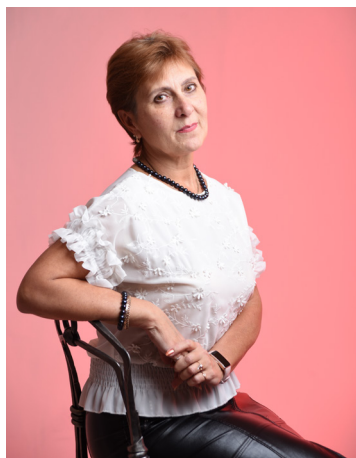
**Ключевые слова:** практико-ориентированные задачи, интегрированный урок, читательская грамотность, математическая грамотность, финансовая грамотность

Одним из направлений функциональной грамотности является математическая грамотность, которая предполагает не только знание математических фактов, но и способность математически рассуждать, формулировать, применять и интерпретировать математику в разнообразных контекстах.

Известный математик Джордж Пойа говорил: «Что значит владение математикой? Это есть умение решать задачи, причем не только стандартные, но и требующие известной независимости мышления, здравого смысла, оригинальности, изобретательности». Ведь в любой задаче заложены большие возможно-



Надежда Геннадьевна Филимонова,  
МАОУ «СОШ № 85»,  
г. Кемерово, Россия  
E-mail: n.g.filimonova65@mail.ru



Людмила Леонидовна Комарова,  
МАОУ «СОШ № 85»,  
г. Кемерово, Россия  
E-mail: 295873@mail.ru

---

**Как цитировать статью:** Филимонова Н. Г., Комарова Л. Л. Деловая игра как прием формирования функциональной грамотности // Образ действия. 2024. Специальный выпуск «Математическое и естественно-научное образование». С. 34–51.

сти для развития логического мышления. Наибольший эффект при этом может быть достигнут в результате применения игровой технологии.

В данной статье мы опишем фрагмент деловой игры «Инженерный расчет остаточного срока службы трубопровода в результате коррозии», в процессе которой учащиеся совершенствуют вычислительные навыки через освоение методики оценки степени расслоения металлов в результате коррозии.

Игра проходит в формате практикума ОГЭ и ЕГЭ. Объектом деятельности являются прототипы заданий № 12 (Расчеты по формулам), № 9 (Действия с формулами). По содержанию эти задания требуют умения осуществлять вычисления по формулам и имеют прикладную направленность. В заданиях данного типа прослеживается взаимосвязь математики с другими предметами.

Учащимся предстоит решить инженерную задачу, которая позволяет столкнуться с реальным производственным процессом и осознать важность математических, химических и физических знаний.

Перед началом деловой игры учащиеся просматривают видеофрагмент, в котором они наблюдают последствия коррозии металлов и приходят к выводу, насколько важно своевременно определить степень коррозии трубопровода. Решением этой задачи занимаются инженеры центра промышленной безопасности.

Учащимся предлагается в процессе деловой игры «Промышленная экспертиза» представить себя работниками центра промышленной безопасности. В центре работают четыре лаборатории, специалисты которых участвуют в решении производственной задачи: инженеры (выполняют расчеты), контролер лаборатории неразрушающего контроля (готовит экспертное заключение на основании полученных лабораторных данных и передает главному инженеру).

Каждая лаборатория получает задание, после выполнения задания полученные результаты сдают в лабораторию неразрушающего контроля на экспертизу и заключение.

В процессе игры учащиеся работали в условиях, приближенных к профессиональной деятельности инженера-дефектоскописта.

Каждый из них смог применить свои знания вычислительных приемов при решении поставленной производственной задачи. Получили опыт сотрудничества, возможность принятия общего решения и ответственность не только за свою работу, но и за работу всей команды.

В конце игры проводится рефлексия.

1. Удовлетворены ли вы результатами своей работы?
2. Как вы оцениваете работу своей команды?
3. Кто из вас планирует после окончания школы связать свою профессиональную деятельность с производством в качестве инженера.

**Список литературы**

1. ОГЭ-2024. Математика: задания, ответы, решения [Электронный ресурс]. URL: <https://math-oge.sdamgia.ru/> (дата обращения: 13.12.2023).
2. ЕГЭ-2024. Математика профильного уровня: задания, ответы, решения (sdamgia.ru) (дата обращения: 13.12.2023).
3. Методические рекомендации по вопросам формирования функциональной грамотности. Министерство просвещения Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Академия реализации государственной политики и профессионального развития работников образования Министерства просвещения Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: [https://shkola3petrovsk-r64.gosweb.gosuslugi.ru/netcat\\_files/178/3018/Metodicheskie\\_rekomendatsii\\_po\\_FG\\_31.10.2022.pdf](https://shkola3petrovsk-r64.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/178/3018/Metodicheskie_rekomendatsii_po_FG_31.10.2022.pdf) (дата обращения: 10.12.2023).

Приложение № 1

ИНТЕГРИРОВАННОЕ ВНЕУРОЧНОЕ ЗАНЯТИЕ В 9 «В» И ЭЛЕКТИВНОЕ В 10-Х КЛАССАХ ПО  
МАТЕМАТИКЕ В РАМКАХ СЕМИНАРА-ПРАКТИКУМА  
«ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ»

Класс	Учебная дисциплина	Тема урока	Форма проведения урока	Методическая цель урока	Цель учебной деятельности учащихся	Межпредметные связи	Техническое и методическое обеспечение урока
9-й, 10-й	Математика	Инженерный расчет остаточного срока службы трубопровода в результате коррозионного повреждения.  Тема «Расчеты по формулам»	Организационно-деловая игра «Промышленная экспертиза»	Создание условий для преодоления противоречия между абстрактным характером учебного предмета и реальным характером профессиональной деятельности инженера.	Совершенствовать вычислительные навыки через освоение методики оценки степени расслоения металлов в результате коррозии	Химия «Коррозия металлов»	Компьютер, телевизор, видеофильм, презентация, производственное задание, экспертное заключение

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УРОКА

№ этапа урока	Продолжительность по времени	Название этапа	Содержание	Методическое обеспечение
1	2 мин.	Мотивация к предстоящей учебной деятельности	<p>Учитель.                      Наши занятия проходят в формате практикума ОГЭ и ЕГЭ. Объектом деятельности будут прототипы задания № 13 (Расчеты по формулам), № 4 (Действия с формулами). По содержанию эти задания требуют умения осуществлять вычисления по формулам и чаще всего имеют прикладную направленность. В заданиях данного типа, как правило, прослеживается взаимосвязь математики с другими предметами.                      Вам предстоит решить инженерную задачу, которая позволит столкнуться с реальным производственным процессом и осознать важность математических, химических и физических знаний.                      Учащиеся 9-го класса выполнят задания со специалистами отдела контроля (учащиеся 10-го класса).</p>	Презентация, видеоролик
2	3 мин.	Сообщение темы и цели урока	<p>Учитель.                      Тема урока                      Расчеты по формулам.                      Инженерный расчет остаточного срока службы трубопровода в результате коррозии.                      Цель вашей учебной деятельности:                      Освоение методики оценки степени расстоения металлов в результате коррозии.                      Задачи урока:                      1. Обобщить понятие «коррозия металлов» с точки зрения химии.                      2. Выявить последствия коррозии металлов для производства.                      3. Познакомиться с методикой оценки степени расстоения металлов в условиях производства через деловую игру «Экспертиза».</p>	Презентация «Тема, цель и задачи урока»

3	5 мин.	Актуализация знаний о коррозии металлов на основе межпредметной интеграции математики и химии	<p><u>Вопросы для вводной беседы.</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что означает понятие «коррозия металлов»? (обратиться к выставке)</li> <li>2. В каких сферах деятельности человек может столкнуться с последствиями коррозии металлов?</li> </ol>	Методическое обеспечение
			<p>Просмотр фильма «Последствия коррозии металлов»</p> <p>В видеофрагменте вы наблюдали последствия коррозии для автомобиля. Более серьезные последствия могут произойти в промышленности. Одной из самых серьезных является газовая коррозия трубопровода, которая сопровождается нагревом и горячей обработкой металла. Последствием такой коррозии может стать взрыв трубопровода. Трубопроводный транспорт — самый распространенный способ доставки жидких и газообразных сред в мире. Наибольшие внутренние трубопроводы есть в каждом доме. В населенных пунктах построены сети надземных и подземных распределительных трубопроводов. Все регионы страны соединены системой магистрального трубопроводного транспорта. Трубопроводы транспортируют воду, нефть, газ, нефтепродукты. Поэтому очень важно своевременно определить степень коррозии трубопровода и риск ее последствий.</p> <p>Решением этой задачи занимаются инженеры центра промышленной безопасности. В их арсенале находится специальное высокоточное оборудование, они владеют специальными методиками определения степени расслоения металла, по результатам которых делают экспертное заключение по дальнейшей эксплуатации аварийного участка трубопровода.</p>	<p>Видеофильм</p> <p>Обратиться к выставке (фотографии дефектоскопистов)</p>
4	25 мин.	Деловая игра «Экспертиза»	<p>Распределение функций участников игры (3 мин.)</p> <p>Учеными установлено, что человеческая память сохраняет 10% услышанного, 50% увиденного и 90% проделанного собственноручно. Давайте на некоторое время в процессе деловой игры «Экспертиза» представим себя в роли инженера центра промышленной безопасности. В нашем</p>	<p>Методические материалы для выполнения расчета (инструкции)</p>

			<p>кабинете работает четыре лаборатории, каждой из которых необходимо решить определенную производственную задачу. В игре участвуют рядовые инженеры, руководители лабораторий и главные инженеры. Чтобы узнать свою роль, возьмите на столе бейджики).</p> <p>Функции каждого участника игры. Все специалисты участвуют в решении производственной задачи. Инженеры выполняют расчетные работы, руководители лабораторий осуществляют контроль за работой лабораторий и передают результаты главному инженеру. Главный инженер готовит экспертное заключение на основании полученных лабораторных данных.</p> <p>Знакомство с целью игры (2 мин.)</p> <p>На предприятиях города Кемерово длительное время эксплуатируются трубопроводы для подачи горячей воды. На определенных участках труб наблюдаются фрагменты коррозии металла. Каждая лаборатория должна произвести расчет предельно допустимой толщины стенки трубопровода, рассчитать скорость коррозии и остаточный срок эксплуатации трубопровода. Главные инженеры должны подготовить экспертное заключение по результатам работы лабораторий.</p> <p>Практическая работа (15 мин.) (каждый участник игры самостоятельно проводит расчеты, руководитель лаборатории осуществляет контроль за правильностью расчетов и передает данные главному инженеру, который заполняет экспертное заключение).</p> <p>Отчет о работе представляют главные инженеры (5 мин.) (делают оценку работы лабораторий и представляют экспертное заключение).</p>	<p>Бланки для выполнения расчетов и фиксации результатов</p>
5	5 мин.	Итог урока	<p>Презентация</p>	
			<p>Презентация</p>	<p>Презентация</p>

			<p>Я думаю, что сегодняшний урок — это маленький опыт вашего сотрудничества в процессе решения общей задачи, это возможность принятия общего решения и ответственность не только за свою работу, но и за работу всей команды. Компетентность специалиста любой области определяется не столько объемом его знаний, сколько умением применять свои знания в деятельности. В противном случае человек напоминает фаршированную рыбу, которая никогда не поплывет. Математика призвана формировать умения, которые в конечном счете могут стать инструментом познания в любой профессиональной области. Сегодня вы работали в условиях, приближенных к профессиональной деятельности инженера-дефектоскописта.</p>	
			<p>Сегодня каждый из вас смог применить свои знания вычислительных приемов при решении поставленной производственной задачи, а значит, цель нашего урока достигнута. Спасибо всем за работу!</p>	



## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 1

Эксплуатируется труба, предназначенная для подачи горячей воды. На поверхности трубы имеются коррозионные повреждения. Руководство поставило задачу группе инженеров по определению возможности и сроков ее дальнейшего использования.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><math>D_a = 1020</math> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <math>p = 16,0</math> МПа (рабочее давление)  <math>\Phi_w = 1,0</math> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <math>[\sigma] = 1710</math> МПа (допускаемое напряжение)  <math>C = 3,0</math> мм (плюсовой допуск)  <math>t = 10</math> лет (период эксплуатации)  <math>\delta = 10</math> мм (номинальная толщина стенки)  <math>\delta' = 8,5</math> мм (фактическая толщина стенки)  <math>[\sigma]_{min}</math> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{p D_a}{2 \Phi_w [\sigma]} + c =$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} =$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} =$
<p>Заключение</p>	

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 1

Эксплуатируется труба, предназначенная для подачи горячей воды. На поверхности трубы имеются коррозионные повреждения. Руководство поставило задачу группе инженеров по определению возможности и сроков ее дальнейшего использования.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><math>D_a = 1020</math> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <math>p = 16,0</math> МПа (рабочее давление)  <math>\Phi_w = 1,0</math> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <math>[\sigma] = 1710</math> МПа (допускаемое напряжение)  <math>C = 3,0</math> мм (плюсовой допуск)  <math>t = 10</math> лет (период эксплуатации)  <math>\delta = 10</math> мм (номинальная толщина стенки)  <math>\delta' = 8,5</math> мм (фактическая толщина стенки)  <math>[\sigma]_{min}</math> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{pD_a}{2\varphi[\sigma] + p} + c = \frac{16 \times 1020}{2 \times 1 \times 1710 + 16} + 3 = \frac{16320}{3420 + 16} + 3 = \frac{16320}{3436} + 3 = 4,7 + 3 = 7,7 \text{ мм}$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} = \frac{10 - 8,5}{10} \approx 0,2 \text{ мм}$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} = \frac{8,5 - 7,7}{0,2} = 4 \text{ года}$
<p>Заключение</p>	<p>Эксплуатация участка трубы возможна в течение четырех лет</p>

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 2

Эксплуатируется труба, предназначенная для перекачки щелочных растворов, на которой имеются коррозийные повреждения. Руководство поставило задачу группе инженеров по определению возможности и сроков ее дальнейшего использования.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><b><math>D_a</math> = 250</b> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <b><math>p</math> = 16,0</b> кгс/см<sup>2</sup> (рабочее давление)  <b><math>\varphi_w</math> = 1,0</b> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <b><math>[\sigma]</math> = 1710</b> кгс/см<sup>2</sup> (допускаемое напряжение)  <b><math>C</math> = 3,0</b> мм (плюсовой допуск)  <b><math>t</math> = 10</b> лет (период эксплуатации)  <b><math>\delta</math> = 10</b> мм (номинальная толщина стенки)  <b><math>\delta'</math> = 6</b> мм (фактическая толщина стенки)  <b><math>[\sigma]_{min}</math></b> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{pD_a}{2\varphi[\sigma]} + c =$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} =$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\sigma]_{min})}{C_{max}} =$
Заключение	

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 2

Эксплуатируется труба, предназначенная для перекачки щелочных растворов, на которой имеются коррозийные повреждения. Руководство поставило задачу группе инженеров по определению возможности и сроков ее дальнейшего использования.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><math>D_a = 250</math> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <math>p = 16,0</math> кгс/см<sup>2</sup> (рабочее давление)  <math>\phi_w = 1,0</math> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <math>[\sigma] = 1710</math> кгс/см<sup>2</sup> (допускаемое напряжение)  <math>C = 3,0</math> мм (плюсовой допуск)  <math>t = 10</math> лет (период эксплуатации)  <math>\delta = 10</math> мм (номинальная толщина стенки)  <math>\delta' = 6</math> мм (фактическая толщина стенки)  <math>[\sigma]_{min}</math> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{pD_a}{2\phi[\sigma] + p} + c = \frac{16 \times 250}{2 \times 1 \times 1710 + 16} + 3 = \frac{4000}{3420 + 16} + 3 = \frac{4000}{3436} + 3 = 1,2 + 3 = 4,2 \text{ мм}$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} = \frac{10 - 6}{10} = 0,4 \text{ мм}$
	<p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} = \frac{6 - 4,2}{0,4} = \frac{1,8}{0,4} = 4,5 \text{ года}$
Заключение	Эксплуатация участка трубы возможна в течение 4,5 года

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 3

Управляющая компания жилищно-коммунального хозяйства в результате плановой проверки обнаружила дефекты, возникшие в результате коррозии на трубе, предназначенной для подачи горячей воды в жилой дом. Необходимо экспертное заключение по дальнейшей эксплуатации объекта.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><b>D<sub>a</sub> = 160</b> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <b>p = 5</b> МПа (рабочее давление)  <b>φ<sub>w</sub> = 1,0</b> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <b>[σ] = 1200</b> МПа (допускаемое напряжение)  <b>C = 3,0</b> мм (плюсовой допуск)  <b>t = 10</b> лет (период эксплуатации)  <b>δ = 5</b> мм (номинальная толщина стенки)  <b>δ' = 3,5</b> мм (фактическая толщина стенки)  <b>[δ]<sub>min</sub></b> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{pD_a}{2\varphi[\sigma]} + c =$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} =$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} =$
Заключение	

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 3

Управляющая компания жилищно-коммунального хозяйства в результате плановой проверки обнаружила дефекты, возникшие в результате коррозии на трубе, предназначенной для подачи горячей воды в жилой дом. Необходимо экспертное заключение по дальнейшей эксплуатации объекта.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><b>D<sub>a</sub> = 160</b> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <b>p = 5</b> МПа (рабочее давление)  <b>φ<sub>w</sub> = 1,0</b> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <b>[σ] = 1200</b> МПа (допускаемое напряжение)  <b>C = 3,0</b> мм (плюсовой допуск)  <b>t = 10</b> лет (период эксплуатации)  <b>δ = 5</b> мм (номинальная толщина стенки)  <b>δ'/ = 3,5</b> мм (фактическая толщина стенки)  <b>[δ]<sub>min</sub></b> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{pD_a}{2\varphi[\sigma] + p} + c = \frac{5 \times 160}{2 \times 1 \times 1200 + 5} + 3 = \frac{800}{2400 + 5} + 3 = 0,3 + 3 = 3,3 \text{ мм}$ $\frac{5 \times 160}{2 \times 1 \times 1200 + 5} + 3 = \frac{800}{2400 + 5} + 3 = 0,3 + 3 = 3,3 \text{ мм}$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} = \frac{5 - 3,5}{10} = 0,2 \text{ мм}$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} = \frac{3,5 - 3,3}{0,2} = \frac{0,2}{0,2} = 1 \text{ год}$
Заключение	Остаточный срок службы резервуара составляет 1 год

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 4

Руководство линейно-производственного участка магистрального газопровода осуществляет плановую экспертизу участка трубопровода, закрепленного за данным подразделением. Необходимо экспертно заключение по состоянию трубопровода на данный период.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><math>D_a = 900</math> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <math>p = 30,0</math> МПа (рабочее давление)  <math>\Phi_{sw} = 1,0</math> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <math>[\sigma] = 1300</math> МПа (допускаемое напряжение)  <math>C = 3,0</math> мм (плюсовой допуск)  <math>t = 10</math> лет (период эксплуатации)  <math>\delta = 15</math> мм (номинальная толщина стенки)  <math>\delta' = 14</math> мм (фактическая толщина стенки)  <math>[\delta]_{min}</math> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{pD_a}{2\varphi[\sigma]} + c =$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} =$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} =$
<p>Заключение</p>	

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 4

Руководство линейно-производственного участка магистрального газопровода осуществляет плановую экспертизу участка трубопровода, закрепленного за данным подразделением. Необходимо экспертно заключение по состоянию трубопровода на данный период.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><b><math>D_a = 900</math></b> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <b><math>p = 30,0</math></b> МПа (рабочее давление)  <b><math>\Phi_w = 1,0</math></b> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <b><math>[\sigma] = 1300</math></b> МПа (допускаемое напряжение)  <b><math>C = 3,0</math></b> мм (плюсовой допуск)  <b><math>t = 10</math></b> лет (период эксплуатации)  <b><math>\delta = 15</math></b> мм (номинальная толщина стенки)  <b><math>\delta' = 14</math></b> мм (фактическая толщина стенки)  <b><math>[\delta]_{min}</math></b> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{p D_a}{2 \Phi [\sigma]} + c = \frac{30 \times 900}{2 \times 1 \times 1300 + 30} + 3 = \frac{27000}{2660 + 30} + 3 = \frac{27000}{2630} + 3 \approx 10,3 + 3 \approx 13,3 \text{ мм}$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} = \frac{15 - 14}{10} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ мм}$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} = \frac{14 - 13,3}{0,1} = \frac{0,7}{0,1} = 7 \text{ лет}$
Заключение	Остаточный срок службы составляет 7 лет



## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 5

Руководство нефтяной базы проводит плановую экспертизу внутренней трубы, предназначенной для перекачки нефтепродуктов. В результате визуального осмотра на трубе обнаружены коррозионные повреждения. Необходимо определить остаточный срок эксплуатации трубы.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><b><math>D_a = 300</math></b> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <b><math>p = 10,0</math></b> МПа (рабочее давление)  <b><math>\Phi_w = 1,0</math></b> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <b><math>[\sigma] = 1300</math></b> МПа (допускаемое напряжение)  <b><math>C = 3,0</math></b> мм (плосовой допуск)  <b><math>t = 10</math></b> лет (период эксплуатации)  <b><math>\delta = 6</math></b> мм (номинальная толщина стенки)  <b><math>\delta' = 5</math></b> мм (фактическая толщина стенки)  <b><math>[\delta]_{min}</math></b> (минимально допустимая толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{p D_a}{2 \varphi [\sigma]} + c =$ <p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{max} = \frac{\delta - \delta'}{t} =$ <p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{ост} = \frac{(\delta' - [\delta]_{min})}{C_{max}} =$
Заключение	

## ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗАДАНИЕ № 5

Руководство нефтяной базы проводит плановую экспертизу внутренней трубы, предназначенной для перекачки нефтепродуктов. В результате визуального осмотра на трубе обнаружены коррозионные повреждения. Необходимо определить остаточный срок эксплуатации трубы.

Технические данные	Инженерный расчет
<p><math>D_a = 300</math> мм (наружный диаметр элемента трубопровода)  <math>p = 10,0</math> МПа (рабочее давление)  <math>\varphi_{\text{н}} = 1,0</math> (коэффициент прочности при ослаблении сварными соединениями)  <math>[\sigma] = 1300</math> МПа (допускаемое напряжение)</p>	<p>1. Минимально допустимая толщина стенки резервуара</p> $S_R = \frac{p D_a}{2 \varphi [\sigma]} + c = \frac{10 \times 300}{2 \times 1 \times 1300 + 10} + 3 = \frac{3000}{2600 + 10} + 3 \approx 1,2 + 3 \approx 4,2 \text{ мм}$
<p><math>C = 3,0</math> мм (плюсовой допуск)  <math>t = 10</math> лет (период эксплуатации)  <math>\delta = 6</math> мм (номинальная толщина стенки)  <math>\delta' = 5</math> мм (фактическая толщина стенки)  <math>[\delta]_{\text{min}}</math> (минимально допустимая</p>	<p>2. Скорость коррозии металла</p> $C_{\text{max}} = \frac{\delta - \delta'}{t} = \frac{6 - 5}{10} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ мм}$
<p>толщина стенки, полученная при первом расчете)</p>	<p>3. Остаточный срок службы резервуара</p> $T_{\text{ост}} = \frac{(\delta' - [\delta]_{\text{min}})}{C_{\text{max}}} = \frac{5 - 4,2}{0,1} = \frac{0,8}{0,1} = 8 \text{ лет}$
Заключение	<p><i>Остаточный срок службы составляет 8 лет</i></p>