

# Всероссийская студенческая олимпиада «Я – профессионал»

## Вариант 1

задание заключительного (очного) этапа  
по направлению «Химическая технология»

Категория участия: «Магистратура/специалитет»  
(для поступающих в аспирантуру/ординатуру)

### Кейс:

#### Использование горячей подтоварной воды для отопления

#### Введение:

В ходе одного из пилотных проектов по химическому заводнению для нагрева технологических жидкостей и обогрева цехов использовалась котельная с паровыми и водогрейными котлами.

Для развития технологии АСП (анионный ПАВ-сода-полимер) и ее масштабирования необходимо максимально использовать имеющиеся ресурсы, в особенности – воду системы ППД (поддержания пластового давления), в том числе и в вопросах нагрева или подогрева, т.е. генерировать тепловую энергию для следующих целей:

- 1) Обогрев зданий (два корпуса с постоянным пребыванием персонала);
- 2) Нагрев подтоварной воды до 80 °С и поддержание ее температуры;
- 3) Обогрев танк-контейнеров с ПАВ (подключение в портам пароподогрева) в зимнее время для их закачки в процесс;

В ходе проектирования была предложена идея использовать потенциал подтоварной воды, а также предложить сценарии использования ее и для других целей, с учетом специфики процесса.

#### Описание процесса:

Вода для приготовления растворов АСП подается из существующего коллектора ППД, проходящего вблизи куста скважин и заходящего на него, так как вода изначально закачивается в нагнетательные скважины. Давление сбрасывается с 150-190 бар до атмосферного и подается в буферную емкость. Из емкости вода подается на приготовление растворов.

Полимер в виде порошка доставляется в неотапливаемый склад грузовыми транспортными средствами (далее – ТС) в МКР 750 кг (мягкий контейнер разовый или «биг-бэг»). Склад оборудован электроталью для разгрузки из ТС и перемещения грузов внутри склада, а также до блока приготовления полимера. Запас склада по хранению не менее 200 МКР.

Блок приготовления полимерного раствора представляет собой два контейнера, расположенных друг над другом. В верхнем происходит разгрузка МКР в бункер-силос с объемом, рассчитанным не менее, чем на 2 дня. Откуда шнековым транспортером порошок полимера дозируется через специальные устройства в многокамерный бак дозревания, оборудованный механическими перемешивающими устройствами (объем бака не менее 1 часа работы).

Маточный раствор полимера подается шнековыми насосами низкого давления через трубный смеситель на всас насосов закачки высокого давления, расположенных в отдельном блоке.

ПАВ поступает на установку в танк-контейнерах. Танк-контейнеры на шасси транспортного средства подключаются к патрубкам подогрева (как правило, с паром, но можно использовать и другие теплоносители). На место стоянки установлена переливная эстакада с насосной станцией для перекачки раствора ПАВ в емкость хранения (блок приготовления раствора ПАВ). Из емкости хранения ПАВ под низким давлением подается на закачку в блок закачки (на всас насосов закачки высокого давления, расположенных в отдельном блоке). Возможно предварительное смешение с водой ППД.

Потоки полимерного раствора и ПАВ смешиваются в трубном смесителе и подаются в едином коллекторе на всас насосной станции высокого давления, состоящей из 12-ти насосов трехплунжерного типа (индивидуально для каждой нагнетательной скважины). Регулирование происходит с помощью ЧРП (частотного регулятора привода). В зависимости от приемистости скважин происходит изменение расхода и давления.

Раствор полимера должен быть изолирован от воздействия кислорода (как атмосферного, так и растворенного), для это в установке предусмотрены азотные подушки всего емкостного оборудования и дозирование поглотителя кислорода в воду.

Для очистки воды ППД используется механическая фильтрация и обеззараживание гипохлоритом натрия.

Как видно из описания процесса давление воды ППД сбрасывается, а затем снова повышается при закачке.

**Таблица – Характеристики воды ППД, полимера и ПАВ**

<b>Вода ППД</b>	
Давление	150-190 бар
Температура	45-60 °С
Минерализация	15000-20000 мг/л (преимущественно NaCl)
Нефтепродукты в воде	50 мг/л
Взвешенные вещества	20 мг/л
Растворенный кислород (норма)	1 мг/л (0,01 мг/л)
<b>Полимер</b>	
Концентрация маточного раствора	15000 мг/л
Концентрация в финальном растворе	2500 мг/л
Вязкость маточного раствора	1000-2000 сПз при 20 °С и 7,1 с <sup>-1</sup>
Вязкость ПАВ-полимерного раствора	10 сПз при 20 °С и 7,1 с <sup>-1</sup> (поверхностные условия)
<b>ПАВ товарный</b>	
Концентрация в финальном растворе	0,5 %
Давление закачки	100-190 бар
Температура застывания раствора ПАВ	0 °С
Суточная закачка ПАВ-полимерного раствора	5000 м <sup>3</sup>
<i>Остальными параметрами пренебречь или принять из справочных данных</i>	

Теплоемкости принять по ближайшим аналогам, температурные и климатические характеристики принять по г. Сургут.

На установку подается электричество, котельная для пилотного проекта потребляла товарную нефть, использование которой для будущего проекта признано нецелесообразным. Газ на установку не подается. Принять, что мощности системы энергоснабжения и подстанции достаточно для решения любой задачи.

Площадь зданий: два корпуса 40 м × 12 м, 24 м × 12 м, высота потолка 9 м. Здания утеплены, теплопотери принять равными К = 1, температура внутри не должна быть ниже 15 °С (постоянное пребывание персонала).

## Существующие ограничения:

В данном задании необходимо предложить ряд решений, которые смогут создать ценность при использовании воды ППД (подтоварной воды), которые в будущем можно будет масштабировать на удаленных объектах, объектах с неразвитой инфраструктурой и т.д.

Решения могут быть связаны с (но не ограничиваться):

- 1) Обогрев и нагрев с использованием тепловых насосов различного типа или других теплообменных процессов, в котором вода ППД будет являться энергоносителем;
- 2) Использование сброса давления для создания энергии;
- 3) Генерация реагентов из воды для ее подготовки (см. описание процесса).

## Существующие вызовы и Целевые показатели:

Снизить операционные затраты с использованием котельной, снизить потребление товарной нефти как топлива до минимума.

## Задания кейса:

1. Идентифицировать «узкие-места» существующей системы использования горячей подтоварной воды;
2. Предложить возможные технологические и аппаратурные решения для использования горячей подтоварной воды для подпитки тепловых насосов для обогрева зданий в зимнее время и для других целей;
3. Предложить возможные цифровые решения для повышения эффективности использования горячей подтоварной воды для отопления;
4. Предложить комплекс мероприятий по внедрению предложенных технологических, аппаратурных и цифровых решений;
5. Предложить комплекс мероприятий по энергосбережению и снижению удельного потребления энергоресурсов;
6. Осуществить оценку рисков внедрения предложенных решений и оценку экономического эффекта от внедрения предложенных решений.

## Критерии оценивания решения заданий кейса:

1. Полнота решения заданий кейса (**максимум 30 баллов**);
2. Техническая грамотность решений (**максимум 20 баллов**);
3. Оригинальности и новизна решений (**максимум 20 баллов**);
4. Экономическая составляющая решений (**максимум 10 баллов**);
5. Представление решений кейса – презентация и доклад (**максимум 10 баллов**);
6. Ответы на вопросы (**максимум 10 баллов**).

## Всероссийская студенческая олимпиада «Я – профессионал»

### Вариант 2

задание заключительного (очного) этапа  
по направлению «Химическая технология»

Категория участия: «Магистратура/специалитет»  
(для поступающих в аспирантуру/ординатуру)

**Кейс:**

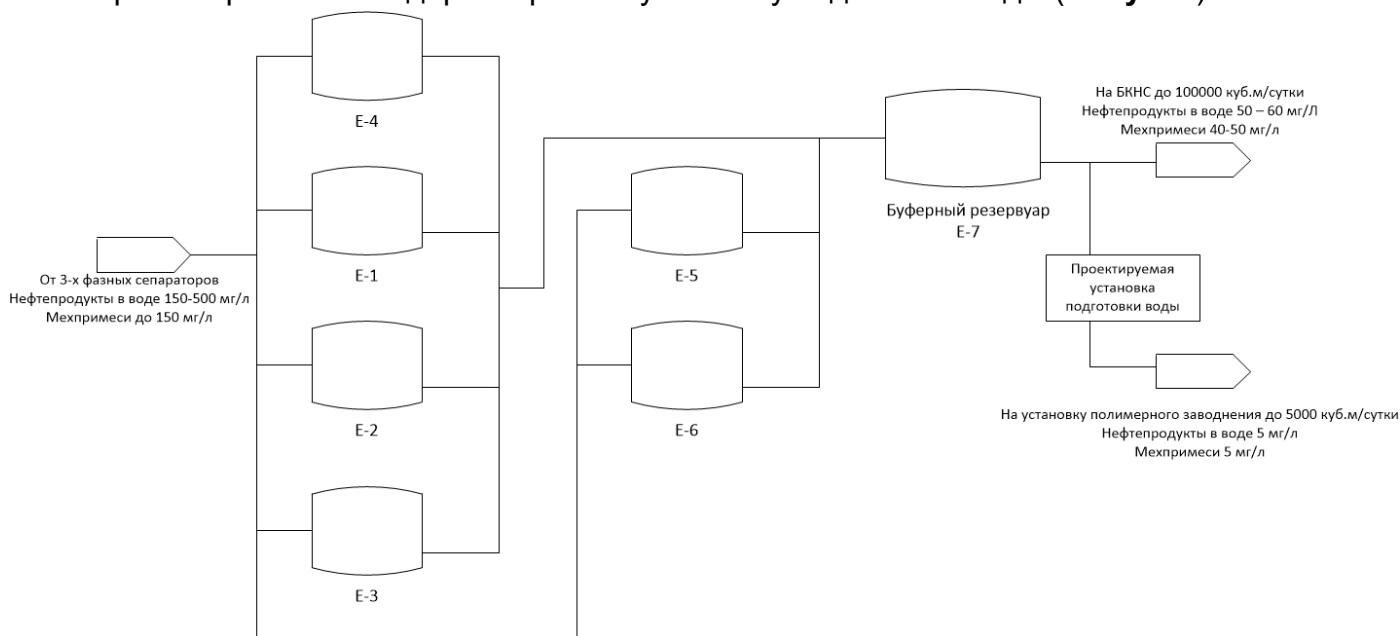
### Подготовка подтоварной воды

#### Описание процесса:

Подтоварная вода готовится на предприятии для повторной закачки в пласт методом отстаивания в резервуарах отстойниках.

Качество подтоварной воды для заводнения нефтяных пластов в общем случае должно соответствовать нормам ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству», в части взвешенных веществ – не более 40 мг/л, в части нефтепродуктов – не более 50 мг/л. Размер частиц мехпримесей не должен превышать 5 мкм.

При переходе на полимерное заводнение для снижения рисков образования трещин было принято решение модернизировать установку подготовки воды (**Рисунок**).



**Рисунок** – Схема процесса подготовки подтоварной воды на предприятии  
E-1...E-6 – резервуары-отстойники с ЖГФ (жидкостно-гидрофобным слоем);  
E-7 – буферный резервуар объемом 20 000 м<sup>3</sup>.

На схеме обозначено место для включения новой установки подготовки воды.

Качество подтоварной воды и предъявляемые требования приведены в **Таблице**.

**Таблица – Характеристики и требования (подтоварная вода)**

Параметр, единицы	Текущие показатели*	Требуемые показатели
Минерализация, мг/л	15 000-16 000	15 000-16 000
Катионы жесткости, мг/л	200-300	200-300
Железо общее, мг/л	3-5	<1
Кислород растворенный	0,5-1	<0,01
Нефтепродукты в воде, мг/л	50-60 (в пике до 150)	<5
Мехпримеси (КВЧ), мг/л	40-50	<5
Размер частиц и капель нефтепродуктов, мкм	>5	<5

\* – качество воды указано на выходе из отстойников.

КВЧ – количество взвешенных частиц.

В настоящее время вода готовится в 6 резервуарах общим объемом 60 000 м<sup>3</sup> (с суточной производительностью около 100 000 м<sup>3</sup> в сутки).

Для полимерного заводнения необходимо ежедневно 5 000 м<sup>3</sup> очищенной воды.

### **Существующие ограничения:**

На предприятии есть доступ азота на установку, горячей и холодной пресной воды, а также пара. Электроснабжение считать достаточным для любого решения. Подача попутно-добываемого газа возможна в любом объеме с учетом дальнейшей утилизации.

Сброс жидких отходов должен быть сведен к минимуму, так как нет доступных мощностей для их обработки. Температурой обрабатываемой воды и использованием химии пренебречь, однако решения по использованию реагентов для водоподготовки принимаются при повышении уровня качества воды.

### **Существующие вызовы и Целевые показатели:**

- Нулевой сброс жидких отходов.
- Модернизация установки подготовки воды для реализации проекта по полимерному заводнению.
- Оборудование должно быть компактно, транспортабельно и изготавливаться в блочно-модульном масштабируемом исполнении.
- Углеводородный сброс должен быть направлен в голову процесса подготовки нефти.
- Мониторинг качества воды по критическим показателям должен вестись регулярно.
- Минимизация капитальных и эксплуатационных вложений, повышение уровня безопасности на предприятии.

## Задания кейса:

1. Идентифицировать «узкие-места» существующей системы подготовки подтоварной воды;
2. Предложить возможные технологические и аппаратурные решения для подготовки подтоварной воды (удаление нефтепродуктов и взвешенных частиц) с нулевым сбросом жидких отходов;
3. Предложить возможные цифровые решения для повышения эффективности подготовки подтоварной воды;
4. Предложить комплекс мероприятий по внедрению предложенных технологических, аппаратурных и цифровых решений;
5. Предложить комплекс мероприятий по энергосбережению и снижению удельного потребления энергоресурсов;
6. Осуществить оценку рисков внедрения предложенных решений и оценку экономического эффекта от внедрения предложенных решений.

## Критерии оценивания решения заданий кейса:

1. Полнота решения заданий кейса (**максимум 30 баллов**);
2. Техническая грамотность решений (**максимум 20 баллов**);
3. Оригинальности и новизна решений (**максимум 20 баллов**);
4. Экономическая составляющая решений (**максимум 10 баллов**);
5. Представление решений кейса – презентация и доклад (**максимум 10 баллов**);
6. Ответы на вопросы (**максимум 10 баллов**).



## Всероссийская студенческая олимпиада «Я – профессионал»

### Вариант 3

задание заключительного (очного) этапа  
по направлению «Химическая технология»

Категория участия: «Магистратура/специалитет»  
(для поступающих в аспирантуру/ординатуру)

### Кейс:

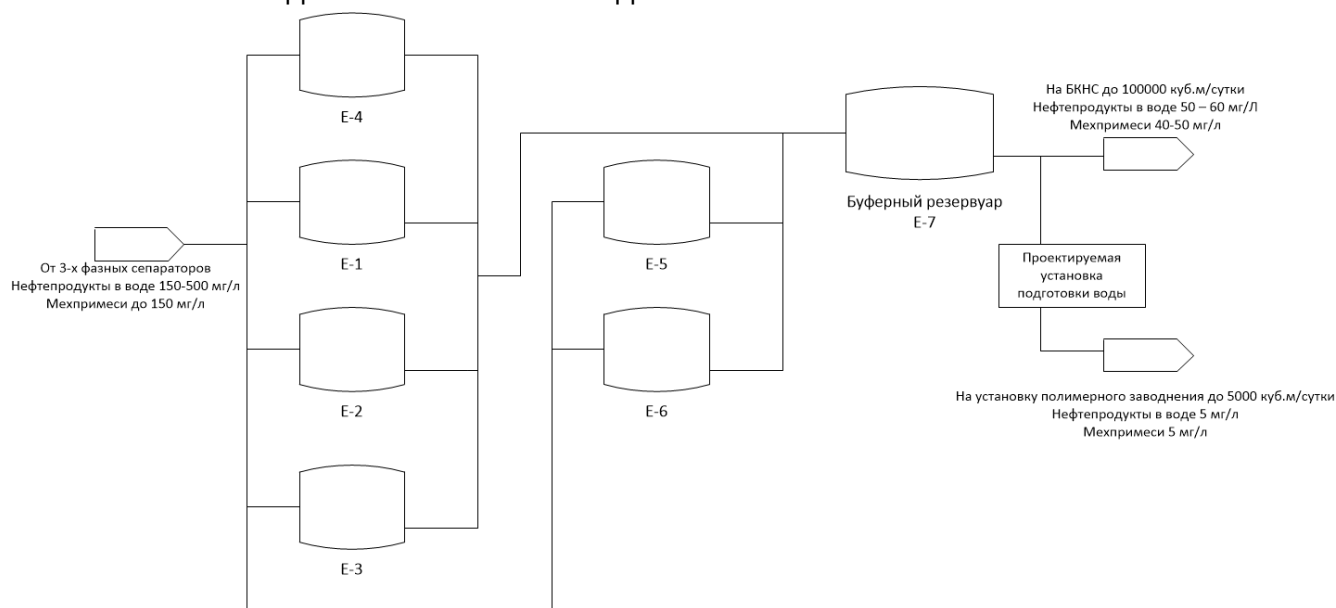
### Умягчение горячей подтоварной воды

### Описание процесса:

Подтоварная вода готовится на предприятии для повторной закачки в пласт методом отстаивания в резервуарах отстойниках.

Качество подтоварной воды для заводнения нефтяных пластов в общем случае должно соответствовать нормам ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству», в части взвешенных веществ – не более 40 мг/л, в части нефтепродуктов – не более 50 мг/л. Размер частиц мехпримесей не должен превышать 5 мкм.

При переходе на АСП-заводнение (анионный ПАВ – сода – полимер) для снижения рисков образования трещин было принято решение модернизировать установку подготовки воды (**Рисунок**) и не только очищать ее от нефтепродуктов и мехпримесей, но и умягчать до уровня, при котором не будет эксплуатационных сложностей с совместимостью соды и закачиваемой воды.



**Рисунок** – Схема процесса подготовки подтоварной воды на предприятии  
E-1...E-6 – резервуары-отстойники с ЖГФ (жидкостно-гидрофобным слоем);  
E-7 – буферный резервуар объемом 20 000 м<sup>3</sup>.

БКНС – блочная кустовая насосная станция.

На схеме обозначено место для включения новой установки подготовки воды.

Качество подтоварной воды и предъявляемые требования приведены в **Таблице**.

**Таблица – Характеристики и требования (подтоварная вода)**

Параметр, единицы	Текущие показатели*	Требуемые показатели
Минерализация, мг/л	15 000-16 000	Желательно сохранение 80-90% общей минерализации
Катионы жесткости, мг/л	200-300	<50
Железо общее, мг/л	3-5	<1
Кислород растворенный	0,5-1	<0,01
Нефтепродукты в воде, мг/л	50-60 (в пике до 150)	<5
Мехпримеси (КВЧ), мг/л	40-50	<5
Размер частиц и капель нефтепродуктов, мкм	>5	<5

\* – качество воды указано на выходе из отстойников.

КВЧ – количество взвешенных частиц.

В настоящее время вода готовится в 6 резервуарах общим объемом 60 000 м<sup>3</sup> (с суточной производительностью около 100 000 м<sup>3</sup> в сутки).

Для АСП-заводнения необходимо ежесуточно 5 000 м<sup>3</sup> очищенной и умягченной воды.

### **Существующие ограничения и Целевые показатели:**

На предприятии есть доступ на установку азота, горячей и холодной пресной воды, а также пара. Электроснабжение считать достаточным для любого решения. Подача попутно-добываемого газа возможна в любом объеме с учетом дальнейшей утилизации.

Сброс жидких отходов должен быть сведен к минимуму или предложена программа по очистке сточных вод или полезному использованию отходов.

Возможно применение физико-химических, механических, реагентных и мембранных методов очистки и умягчения воды, с учетом необходимых уровней предподготовки воды.

Считать, что на предприятии есть склады, развитая транспортная инфраструктура для подвоза расходных материалов и реагентов.

### **Задания кейса:**

1. Идентифицировать «узкие-места» существующей системы умягчения горячей подтоварной воды;
2. Предложить возможные технологические и аппаратурные решения для селективного умягчения горячей подтоварной воды с сохранением общей минерализации;
3. Предложить возможные цифровые решения для повышения эффективности селективного умягчения горячей подтоварной воды;
4. Предложить комплекс мероприятий по внедрению предложенных технологических, аппаратурных и цифровых решений;
5. Предложить комплекс мероприятий по энергосбережению и снижению удельного потребления энергоресурсов;
6. Осуществить оценку рисков внедрения предложенных решений и оценку экономического эффекта от внедрения предложенных решений.



## **Критерии оценивания решения заданий кейса:**

1. Полнота решения заданий кейса (**максимум 30 баллов**);
2. Техническая грамотность решений (**максимум 20 баллов**);
3. Оригинальности и новизна решений (**максимум 20 баллов**);
4. Экономическая составляющая решений (**максимум 10 баллов**);
5. Представление решений кейса – презентация и доклад (**максимум 10 баллов**);
6. Ответы на вопросы (**максимум 10 баллов**).