

Тренажер «Автоматизированное рабочее место оператора по управлению системами дожимной насосной станции (АРМ СУ ДНС)». Функциональные характеристики

НАЗНАЧЕНИЕ ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Тренажер «АРМ СУ ДНС» предназначен для тренировки и обучения операторов и обслуживающего персонала дожимных насосных станций (ДНС) / кустовых насосных станций (КНС), а также студентов, обучающихся по специальностям:

- нефтегазовое дело;
- строительство и эксплуатация нефтегазоводов, баз, хранилищ;
- оператор насосных станций;
- и другие смежные специальности.

Использование тренажера позволяет отрабатывать навыки и повышать квалификацию персонала в следующих направлениях:

- изучение структуры и расположения технологических сооружений, входящих в состав дожимной насосной станции;
- работа на дожимной насосной станции, отработка навыков по запуску систем сепарации, подогреву нефти, внешней перекачки нефти и подтоварной воды, утилизации попутного газа;
- мониторинг, анализ и управление технологическими процессами на дожимной насосной станции;
- контроль показаний приборов, характеризующих состояние оборудования, инструмента;
- технологическое сопровождение и обслуживание техники и оборудования, обеспечивающего производственный процесс на дожимной насосной станции;
- проведение процесса сбора, сепарации (отделения газа и воды от нефти), учета и транспортировки нефтегазоводяной смеси с кустовой площадки;
- работа на кустовой насосной станции, отработка навыков по запуску и выводу на режим насосов поддержания пластового давления;
- отработка навыков при обнаружении неисправностей и в аварийных ситуациях.

Тренажер «АРМ СУ ДНС» обеспечивает возможность решения следующих задач:

- получение обучающимися практического опыта, навыков и знаний, необходимых операторам по управлению оборудованием дожимных насосных станций;
- сведение к минимуму риска возникновения неполадок, аварий и инцидентов, обусловленных неправильными действиями технологического персонала;
- обучение и отработка практических навыков ведения технологического процесса, пуска, плановой и аварийной остановки в типовых, и нештатных и аварийных ситуациях;
- повышение способности быстро и правильно действовать в нештатных и аварийных ситуациях, согласно плану ликвидации аварий;
- повышение профессионального уровня и технологической дисциплины эксплуатационно-технологического персонала;
- приобретение практических навыков по предупреждению и минимизация негативного воздействия технологических объектов на окружающую среду;
- приобретение практических навыков по снижению рисков нанесения экономического ущерба предприятию за счет отработки профессиональных навыков и умений работы в различных ситуациях, в первую очередь в нештатных и аварийных;
- приобретение практических навыков по снижению затрат и издержек, возникающих от неэффективного управления установками и простоев, вызванных возможными некачественными действиями технологического персонала.

Тренажер «АРМ СУ ДНС» позволяет обучаемым приобретать практические навыки:

- работы с набором средств операторов дожимной насосной станции и кустовой насосной станции, необходимыми для управления технологическими процессами, происходящими при эксплуатации ДНС;
- дегазации флюида на первой ступени сепарации, работы второй ступени сепарации, добавления хим. реагентов в линии;
- подогрева нефти, транспортировки нефти в магистральный трубопровод через насосы внешней откачки и узел учета нефти, отстоя флюида и транспортировке воды на кустовую насосную станцию;
- работы газокompрессорной станции и утилизации попутного газа;
- проведения мероприятий по предупреждению и борьбе с осложнениями и аварийными ситуациями;
- анализа состояния технологических процессов, происходящих на дожимной насосной станции, в процессе эксплуатации по информации, отображаемой на рабочем месте обучаемого;
- обнаружения неисправностей и проведению мероприятий по их устранению;
- отработки действий в условиях аварийной ситуации.

КОНФИГУРАЦИЯ ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Конфигурация тренажера «АРМ СУ ДНС» может включать в себя:

- 1) место инструктора с подключенной к нему системой визуализации для демонстрации обучаемым в различных вариантах исполнения (проекционная система, видеостена, LED-экран, др.);



Рисунок 1 — примеры исполнения панорамной визуализации класса

- 2) учебный класс с местами обучаемых;



Рисунок 2 — пример исполнения учебного класса

- 3) подключаемые макеты оборудования;
- 4) VR-места обучаемых;



Рисунок 3 — примеры VR-мест обучаемых

- 5) учебно-методическое обеспечение тренажера (Описание систем, Руководство пользователя, Руководство по установке).

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Тренажер «АРМ СУ ДНС» может функционировать в режимах: «Обучение» и «Управление». В обоих режимах тренажер отслеживает степень и качество выполнения упражнения, фиксирует ошибки пользователя.

В режиме «Обучения» автоматизированная система контроля квалификации оператора обеспечивает возможность самостоятельного изучения возможностей тренажера и предлагаемых упражнений, вывод подсказок обучаемому по выполнению упражнения и работе моделируемого в тренажере оборудования.

В режиме «Управление» автоматизированная система контроля квалификации оператора протоколирует информацию о действиях обучаемого, накапливает и сохраняет результаты обучения и тестирования, обеспечивает просмотр статистики обучения и тестирования и протоколов инструктора со всеми ошибками, допускаемыми пользователем при выполнении упражнений.



Рисунок 4 — пример работы автоматизированной системы оценки

Тренажер «АРМ СУ ДНС» позволяет осуществлять как выполнение упражнений по работе с дожимной насосной станцией на местах обучаемых в учебном классе, VR-местами обучаемых, макетами оборудования как для каждого обучаемого отдельно, так и объединять обучаемых в «бригады» для выполнения учебно-тренировочного задания сообща в рамках единого технологического процесса, выполняя, каждый за своим местом, определенную роль (управление КНС, системами ДНС и т.п.).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТА ОБУЧАЕМОГО ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Программное обеспечение тренажера на рабочем месте обучаемого включает в себя следующие модули:

- консоль, отображающая трехмерную визуализацию дожимной насосной станции, максимально приближенную к реальной. Подробно детализированная трехмерная сцена позволяет рассматривать под любым углом и из любой точки конструкцию объектов ДНС, трубопровода, клапанов, оборудование систем управления и т.д. Трехмерная консоль предоставляет возможности управления технологическим процессом и обеспечивает работу с основным оборудованием ДНС. Визуальное восприятие трехмерной консоли позволяет производить детальный анализ с целью облегчения понимания сложных пространственных структур и динамики физических и технологических процессов. Консоль имеет удобные средства навигации, включающие: иконки ключевых объектов на сцене, иконки манометров, задвижек, расходомеров, штуцеров, отображающие статус объекта и индикацию неисправности. Консоль может быть запущена как на экране компьютера в классе, так и в VR. В VR-версии обучаемому дополнительно доступно:
 - взаимодействие с объектами путем визуализации движений рук оператора;
 - контроль тренажерного времени путем размещения на руке обучаемого часов;
 - извлечение инструментов из ящика;
 - отображение крепления предметов к поясной сумке;
 - возврат ключа/инструмента оператору при потере;
 - отображение текущих задач на планшете оператора.

- консоль, отображающая двухмерную технологическую схему, позволяющая контролировать весь технологический процесс ДНС в целом. Консоль представляет всю гидравлическую сеть с объектами в разрезе, имеет анимированный графический интерфейс и отображает направление потоков, вид жидкости в трубопроводе, анимацию работы оборудования ДНС.

- SCADA-консоль, имитирующая реальную АСУ (автоматизированная система управления). Интерфейс консоли позволяет производить контроль текущих параметров систем ДНС, включая отображение индикаторов аварийно-предупредительной сигнализации, журнал действий обучаемого. Пользователю предоставляются удобные средства навигации по консоли – в верхней части окна располагаются кнопки переключения между отдельными участками мнемосхемы. В тренажере предусмотрена версия интерфейса, который имитирует интерфейс реальной системы управления. Для решения учебных задач используются показания приборов контроля, характеризующих состояние технологического оборудования, вывод графиков контролируемых параметров.

- математическая модель, рассчитывающая параметры моделируемых систем при их работе в штатном и аварийном режиме в реальном и ускоренном времени в 5 и 25 раз. Математическая модель, отвечающая за имитацию работы систем, представленных в тренажере, построена на основе одной из распространенных технологических схем дожимной насосной станции.

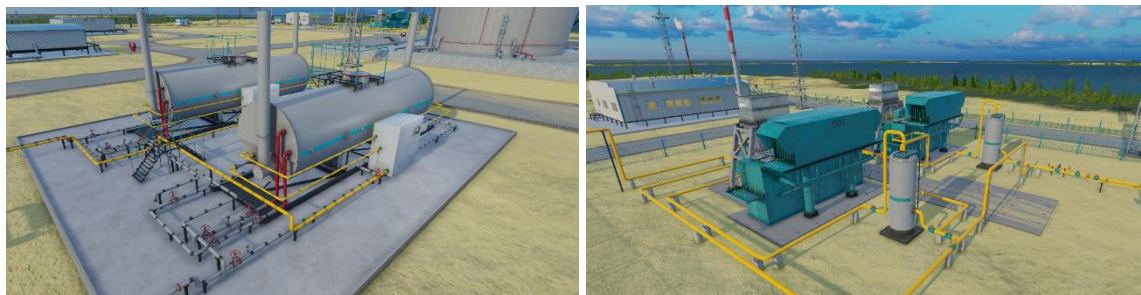


Рисунок 5 — пример 3D-консоли

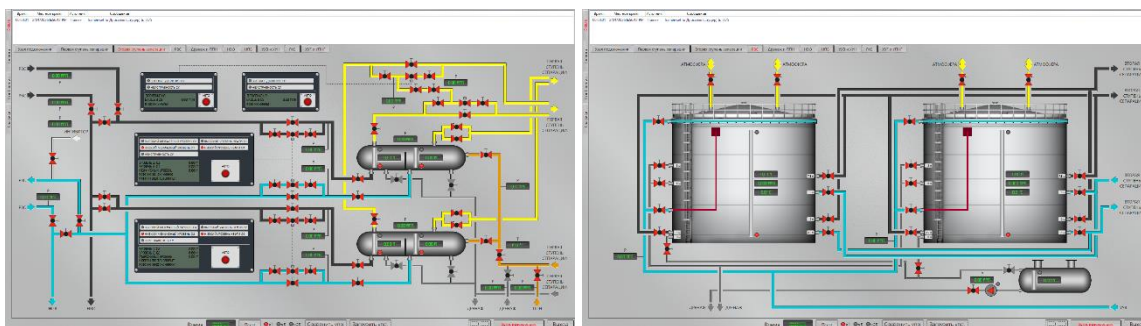


Рисунок 6 — пример видеокadres системы управления

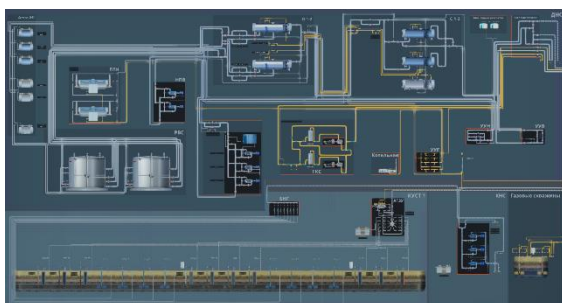


Рисунок 7 — пример анимированной 2D-мнемосхемы

К тренажеру могут быть подключены полномасштабные макеты различного оборудования месторождения, а также физический масштабный макет ДНС.

Физический макет дожимной насосной станции представляет собой масштабную модель комплекса систем ДНС и технологического оборудования и предназначен для наглядного представления конструкции и принципов работы дожимной насосной станции.

Визуализация работы макета осуществляется при помощи светодинамических элементов, имитирующих работу отдельных объектов ДНС.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТА ИНСТРУКТОРА ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Программное обеспечение тренажера на рабочем месте инструктора включает в себя следующие модули:

- приложение конфигурирования сетевого класса;
- приложение для создания и редактирования упражнений, назначения их обучаемым и контроля их выполнения;
- автоматизированную настраиваемую систему оценки выполненных упражнений.

Приложение конфигурирования сетевого класса предоставляет следующие возможности:

- создание виртуального сетевого класса обучаемых в соответствии с их количеством и расположением в реальной аудитории;
- назначение обучаемым работы с макетами оборудования;
- конфигурирование работы обучаемых как по отдельности, так и совместно «бригадой» на одном месторождении, с возможностью использования в рамках «бригады» рабочих мест обучаемых в классе, на макетах оборудования, VR-обучаемых;
- мониторинг действий обучаемых для просмотра выполняемых им действий.

Инструктор может при редактировании упражнений задавать параметры автоматической оценки выполнения упражнения обучаемыми:

- задавать параметры задач, их очередность и значимость,
- критерии остановки выполнения упражнения при грубых ошибках обучаемых.

Инструктор может управлять вводом неисправностей и блокировок с целью отработки навыков по предупреждению и борьбе с осложнениями и аварийными ситуациями, в том числе:

- поломка насосов КНС, как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка насосов пластиковой воды (НПВ), как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка насосов внешней откачки (НВО), как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка дренажных насосов, как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка/блокировка задвижек, как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка/блокировка манометров, как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка/блокировка штуцера, как мгновенно, так и по таймеру;
- поломка расходомера, как мгновенно, так и по таймеру.

Автоматизированная настраиваемая система оценки выполненных упражнений обеспечивает учет и архивирование выполнения сценариев с учетом ошибок, допущенных обучаемым при выполнении сценария.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Имитационная модель обеспечивает расчет всех параметров моделируемых систем при их работе в штатном и аварийном режиме в реальном и ускоренном времени, ускорение времени настраиваемое.

Математическое обеспечение тренажера «АРМ СУ ДНС» производит одновременное моделирование систем дожимной насосной станции, трубопроводной сети, включающую устройства сбора, и первичной подготовки продукта.

Имитируются следующие системы:

- узел подключения, включающий задвижки и трубопровод для подачи флюида с нескольких кустов;
- сепараторы первой ступени с запорной и предохранительной арматурой, трубопроводом, позволяющим включать сепараторы по последовательной или параллельной схеме;
- система подачи реагентов на вход сепараторов первой ступени;
- система путевых подогревателей нефти;
- сепараторы второй ступени со сбросом воды, включающие в себя запорную и предохранительную арматуру, трубопровод;
- блок насосов внешней откачки нефти для подачи в напорный трубопровод;
- узел учета нефти;
- резервуары-отстойники, для непрерывного налива жидкости, отстаивания и слива флюида;
- система насосов пластовой воды;
- узел учета воды;
- система сепарации попутного нефтяного газа и факельная установка;
- система дренажных емкостей и линий.

Имитируется движение флюида по трубопроводным системам месторождения, при этом выполняются следующие требования:

- модель течения флюида в трубах построена на основе законов сохранения энергии массы (концентрации) для всех типов операций; каждое загруженное упражнение (начальное состояние) должно позволять выполнять произвольную последовательность операций со всеми системами;
- модель течения флюида отражает поведение стационарного одномерного потока вязкой, несжимаемой, многокомпонентной жидкости, характерное ее физическому аналогу в установленном диапазоне параметров;
- модель течения флюида отражает возможность: течения жидкости и газа по одной и той же трубе; течения по кольцу без четко заданных граничных условий; нагрев и охлаждение жидкости при течении по трубам в зависимости от теплообмена с окружающей средой;
- модель течения флюида обеспечивает расчет параметров в реальном и ускоренном (с настраиваемым ускорением) режимах времени;
- суммарная масса всех сред в рамках замкнутой модулируемой системы остается постоянной.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ ТРЕНАЖЕРА «АРМ СУ ДНС»

Тренажер «АРМ СУ ДНС» может включать в себя следующие дополнительные модули:

Модуль кустовой добычи нефти:

Модуль моделирует куст добывающих скважин, предназначен для тренировки, проведения конкурсов профессионального мастерства, обучения операторов и обслуживающего персонала нефтяных и газовых месторождений, а также студентов по специальностям:

- нефтегазовое дело;
- технологические машины и оборудование;
- разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений;
- оператор нефтяных и газовых скважин;
- строительство и эксплуатация нефтегазоводов, баз, хранилищ;
- и другие смежные специальности.

Использование модуля позволяет отрабатывать навыки и повышать квалификацию персонала в следующих направлениях:

- технологическое сопровождение и обслуживание техники и оборудования, обеспечивающего процесс добычи (в том числе фонтанная, механизированная и газлифтная добыча), включая:
 - снятие параметров КИПиА;
 - проведение замеров работы скважин;
 - содержание и обслуживание кустовой и скважинных площадок;
 - обслуживание оборудования скважины, трубопроводной арматуры;
- поддержание технологического процесса добычи, включая:
 - обслуживание и поддержание технологических режимов скважин (фонтанных, механизированных, газлифтных), включая запуск, останов, вывод на режим и определение отклонений от технологического режима работы скважины;
 - определение неисправностей подземного оборудования;
 - проведение работ повышенной опасности при осложнениях;
 - подготовку скважин к ремонту;
- отработке навыков по работе на кустовой насосной станции, запуску и выводу на режим насосов поддержания пластового давления;
- обнаружению неисправностей и проведению мероприятий по их устранению;
- отработке действий в условиях аварийной ситуации.

Модуль позволяет обучаемым приобретать практические навыки:

- по выводу скважины на режим, проведению гидродинамических исследований, эксплуатации скважин с осложнениями;
- контроля показаний приборов, характеризующих состояние подземного и устьевого оборудования скважины, прочего оборудования обустройства месторождения;
- работы на кустовой насосной станции, запуску и выводу на режим насосов поддержания пластового давления;
- работы с установкой предварительного сброса воды;
- проведения мероприятий по предупреждению и борьбе с осложнениями и аварийными ситуациями при эксплуатации скважин;

- обслуживанию оборудования скважины и кустовой площадки с использованием агрегатов депарафинизации (АДПМ), механизированного удаления АСПО;
- анализа состояния технологических процессов, происходящих на месторождении, в процессе эксплуатации по информации, отображаемой на рабочем месте оператора;
- обнаружения неисправностей и проведению мероприятий по их устранению;
- отработки действий в условиях аварийной ситуации.

Программное обеспечение модуля на рабочем месте обучаемого включает в себя следующие модули:

- консоль, отображающая 3D-модель месторождения — трехмерная визуализация виртуального куста добывающих и нагнетательных скважин, предоставляющая возможности по управлению технологическим процессом добычи нефти и газа и предварительной подготовки нефти;
- консоль, отображающая 2D-мнемосхему технологического процесса — учебную анимированную схему виртуального куста добывающих и нагнетательных скважин и прочего оборудования месторождения, с наглядным отображением движения флюида, подъема жидкости в НКТ, работы оборудования;
- консоль с видеокдрами системы управления, включая отображение индикаторов аварийно-предупредительной сигнализации, журнал действий обучаемого;
- имитационную модель с настраиваемым ускорением времени, обеспечивающую расчет всех параметров моделируемых систем при их работе в штатном и аварийном режиме в реальном и ускоренном времени.

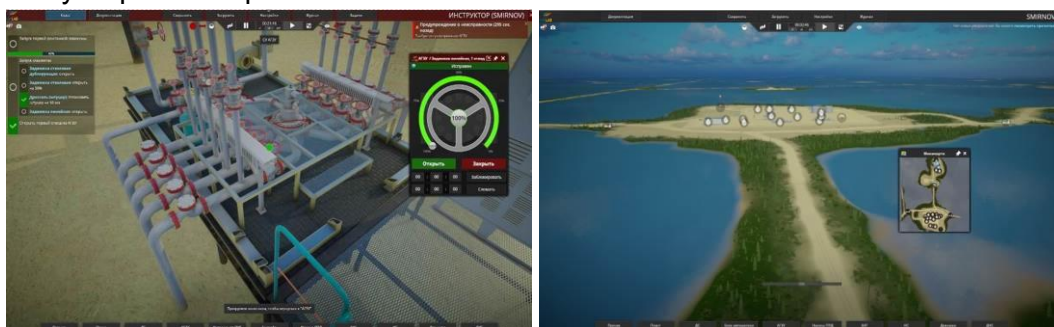


Рисунок 8 — пример 3D-консоли

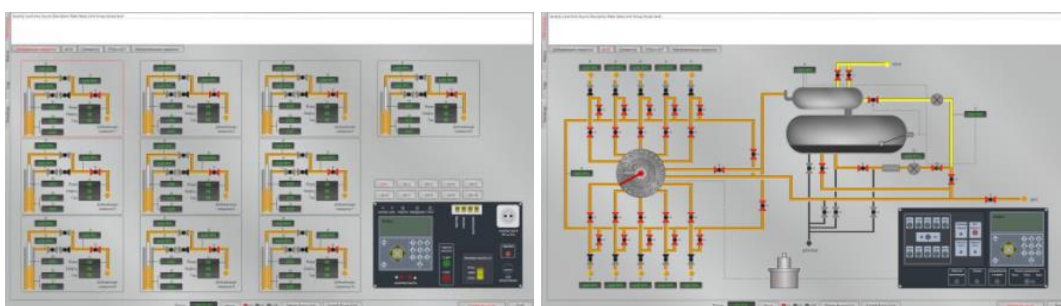


Рисунок 9 — пример видеок кадров системы управления

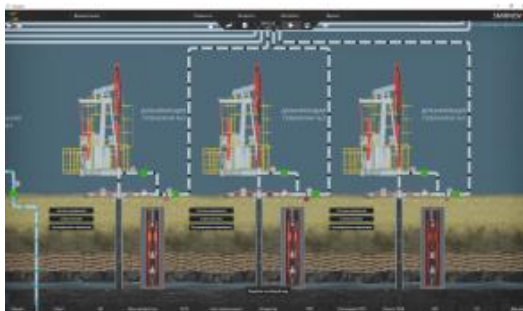


Рисунок 10 — пример анимированной 2D-мнемосхемы

Программное обеспечение модуля на рабочем месте инструктора включает в себя следующие модули:

- приложение конфигурирования сетевого класса;
- приложение для редактирования упражнений, назначения их обучаемым и контроля их выполнения;
- автоматизированную настраиваемую систему оценки выполненных упражнений.

Приложение конфигурирования сетевого класса предоставляет следующие возможности:

- создание виртуального сетевого класса операторов, в соответствии с их количеством и расположением в реальной аудитории;
- определение типа обустройства скважин (фонтанная, ШСНУ, УЭЦН, газлифт) для обучаемых;
- определение типа используемого АГЗУ для обучаемых (с / без замерной емкости);
- назначение обучаемым работы с макетами оборудования;
- конфигурирование работы обучаемых как по отдельности, так и совместно «бригадой» на одном месторождении, с возможностью использования в рамках «бригады» рабочих мест обучаемых в классе, на макетах оборудования, VR-обучаемых.

Инструктор может настраивать параметры моделируемого месторождения, включая:

- характеристики продуктивного горизонта, физико-химические характеристики флюида;
- параметры скважин: тип, глубина скважины и глубина спуска НКТ, параметры обсадных колонн и НКТ, выбор производственного оборудования.

Инструктор может управлять вводом или отключением различных осложнений, в том числе:

- утечки, парафиновые отложения в НКТ,
- заклинивание, слом вала насоса,
- недостаточное качество напряжения, низкое сопротивление изоляции кабеля, перегрев ПЭД,
- неисправность обратного клапана,
- утечки во всасывающей и нагнетательной части насоса, засорение во всасывающей и нагнетательной части насоса, прихват плунжера, заедание плунжера в верхней части цилиндра, выход плунжера из цилиндра, прорыв сальника на штоке,
- неисправности гидропривода и системы управления АГЗУ,
- неисправность ПСМ, поломка гидропривода ПСМ;
- поломка/блокировка задвижек, манометров, штуцера, расходомера;
- др.

Математическое обеспечение модуля включает следующие математические модели: математическую модель пласта; математическую модель скважин; математическую модель трубопроводной сети, включающую устройства сбора, и первичной подготовки продукта. Перечисленные математические модели производят одновременное моделирование: пласта, скважин (добывающих и нагнетательных), трубопроводной сети.

Модуль имитирует гидродинамические процессы, протекающие в пластовой системе при одновременной эксплуатации добывающих и нагнетательных скважин, при этом выполняются следующие требования:

- все скважины размещены в зоне единого нефтегазоводоносного пласта;
- гидродинамические процессы имитируются в реальном и ускоренном (с настраиваемым ускорением) режимах времени как в призабойной зоне, так и на всей протяженности пласта с учетом взаимного влияния скважин в процессе их эксплуатации;
- при имитации гидродинамических процессов учитываются относительные фазовые проницаемости, нефте- и газонасыщенность пласта;
- при имитации процессов, протекающих в призабойной зоне скважины, учитываются гидродинамическое несовершенство скважины и тип забоя;
- при имитации процессов, протекающих в пласте, учитываются заранее задаваемые параметры, включающие: начальное пластовое давление, пластовую температуру, насыщенность, проницаемость, количество механических примесей, газовый фактор, давление насыщения нефти газом, объемные коэффициенты расширения, вязкости и концентрации компонентов смеси.

Имитируются следующие способы добычи нефти и газа:

- фонтанная добыча нефти: добывающих (не менее 10 шт.) и нагнетательных (не менее 8 шт.) скважин;
- добыча нефти посредством скважин, оборудованных установками погружных электроцентробежных насосов: добывающих (не менее 10 шт.) и нагнетательных (не менее 8 шт.) скважин;
- добыча нефти посредством скважин, оборудованных штанговыми скважинными насосными установками: добывающих (не менее 10 шт.) и нагнетательных (не менее 8 шт.) скважин;
- добыча нефти посредством скважин, оборудованных газлифтом: добывающих (не менее 10 шт.), нагнетательных (не менее 8 шт.) и газовых (не менее 2 шт.) скважин.

Имитируется процесс подъема флюида по насосно-компрессорным трубам, при этом выполняются следующие требования:

- время подъема зависит состава флюида, от наклона и глубины скважины, диаметра труб, параметров выбранного насосного оборудования и давления на забое;
- параметры смеси, такие как плотность, вязкость и температура, пересчитываются по всей длине НКТ и учитывают текущий эксплуатационный режим работы скважины (отображение параметров представлено в виде анимированных графиков с отображением уровня, соответствующего давлению насыщения).

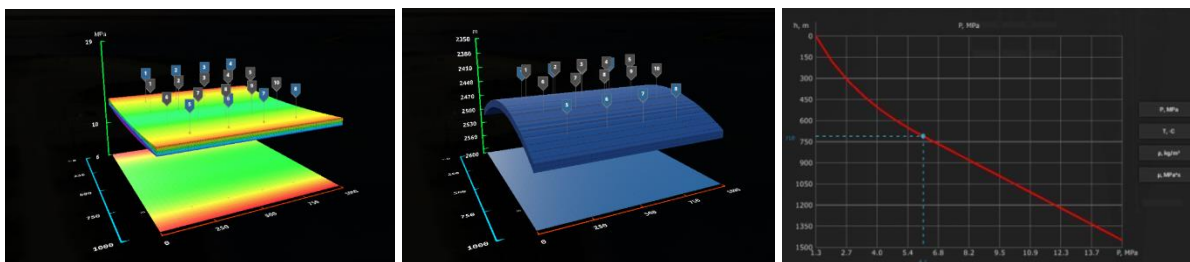


Рисунок 11 — пример отображения карты давлений в пласте и расчета параметров по высоте скважины

Модуль депарафинизации скважин (АДПМ)

Модуль позволяет выполнять операции по депарафинизации скважин горячей нефтью под давлением. Модуль позволяет:

- управлять автоцистерной и машиной АДПМ;
- осуществлять сборку нагнетательной линии;
- работать с пультом управления АДПМ и приборной панелью автомобиля АДПМ.



Рисунок 12 — пример работы в тренажере с оборудованием АДПМ

Модуль механического удаления АСПО

Модуль обеспечивает выполнение:

- операций по механическому удалению отложений с внутренней поверхности НКТ скребком;
- операций по механическому удалению отложений с внутренней поверхности труб месторождения скребком.



Рисунок 13 — пример работы в тренажере с оборудованием АСПО