

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
на разработку, настройку и внедрение компьютерного тренажерного
комплекса для обучения технологического персонала установки производства
водорода (УПВ-2) цеха №4 ОАО «Славнефть-ЯНОС»

г. Ярославль, 2014 г.

1. Общие требования

1.1. Требуется Компьютерный Тренажерный Комплекс (КТК) для обучения операторов технологического процесса установки производства водорода-2 (УПВ-2), обеспечивающий:

- повышение безопасности и эффективности производства вследствие повышения квалификации персонала;
- ознакомление персонала с технологической схемой технологического процесса (ТП), разделами технологического регламента, характеристиками оборудования, расположением оборудования на местности, со схемой управления отсечной арматурой;
- обучение и отработку практических навыков на КТК обеспечивающие освоение ТП и системы управления, пуска, плановой и аварийной остановки в типовых и специфических нештатных ситуациях и авариях;
- улучшение диагностического навыка операторов;
- по желанию Заказчика периодический тренинг по Плану локализации и ликвидации аварий, возникающих как от внешних, так и от внутренних возмущений (в т.ч. нарушений в работе, отказов, неисправностей и поломок различных видов оборудования)».

1.2. КТК для УПВ-2 должен удовлетворять трем основным требованиям: функциональность, точность, масштабность.

От компьютерного тренажера требуется высокоточное воспроизведение хода технологического процесса, работы системы управления и среды операторского управления, а также правильное отражение реакции ТП на изменения качества сырья, загрузки, внешних условий (температура окружающего воздуха и пр.). Тренажерный комплекс не должен формировать навыки, дающие отрицательный эффект при переходе в реальные условия. Навыки, формируемые на тренажере, должны по своей структуре соответствовать навыкам трудовой деятельности.

1.3. Тренажер должен предполагать реализацию следующих возможностей:

- обеспечивать возможность отработки навыков, как индивидуально, так и в составе бригады или ее части;
- позволять отрабатывать навыки управления процессом в объеме всей технологической схемы установки;
- доступ ко всем элементам управления (распределенная система управления (PCY), задвижки, насосы и т.д.) должен обеспечиваться с каждого рабочего места, включая рабочее место инструктора;
- анализ потенциальной опасности на установках, например по методике «Что произойдет, если»;
- разработка сценариев технологического режима, аварий и инцидентов и обработка действий по их компенсации; демонстрация возможных последствий аварий;
- воспроизведение аварий, имевших место на конкретной установке или аналогичных ей;
- использование компьютерного тренажера в режиме реального времени для обработки действий по локализации и ликвидации нештатных ситуаций и аварий.

1.4. Основанием для разработки тренажерного комплекса является п. 2.11 «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

2. Требования к тренажерному комплексу

2.1. Исполнитель предоставляет:

- программное обеспечение тренажерного комплекса УПВ-2 (математическая модель процесса, ПО станции инструктора, ПО операторских станций);

- документация оператора, инструктора и программиста (конфигуратора);
 - необходимые лицензии на программное обеспечение.
- 2.2. Должна быть предусмотрена возможность установить Тренажер в операторной установке.

3. **Информация, предоставляемая Заказчиком**

3.1. Информация о ТП

Заказчик передаст Исполнителю следующую информацию о ТП установки:

- технологические схемы процесса;
- перечень и характеристики технологического оборудования;
- технологический регламент установки;
- план локализации и ликвидации аварий (ПЛА) установки;
- характеристики режимов работы установки, данные лабораторных анализов сырья и получаемых продуктов;
- описания процедур пуска и останова, возможных нештатных, аварийных ситуаций и действий операторов.

3.2. Информация о системе управления

Заказчик передаст Исполнителю следующую информацию:

- рабочий проект системы управления и системы противоаварийной защиты;
- характеристики систем ПАЗ и регулирования, перечень технологических параметров, диапазоны их измерения, уставки, регламентные и аварийные границы, характеристики исполнительных устройств.

4. **Требования к исполнению элементов тренажерного комплекса**

Тренажер представляет собой комплекс программных и аппаратных средств, доступ к которым определяется типом автоматизированного рабочего места (АРМ) и настраиваемыми правами.

Должны быть предусмотрены следующие рабочие места:

- АРМ инструктора;
- АРМ обучаемого (оператора).

Программные средства тренажера должны функционировать в локальной сети и обеспечивать одновременную работу сервера моделирования установки, автоматизированного рабочего места (АРМ) инструктора и до десяти АРМ обучаемых. Сервер моделирования может быть совмещен с АРМ инструктора.

4.1. АРМ инструктора.

АРМ инструктора должно иметь средства для создания и редактирования упражнений, оперативного управления тренировочным процессом, анализа и оценки результатов тренинга на основе автоматизированного контроля действий обучаемых с выводом результатов тренировок на печать. Выходные формы результатов тренинга согласовываются с Заказчиком в процессе выполнения работ.

На рабочем месте инструктора также должна быть предусмотрена возможность мониторинга и управления процессом, включая РСУ и объекты, расположенные «по месту».

Минимальный набор инструкторских функций включает в себя:

- выбор начальных условий моделирования;
- имитацию штатных, нештатных и аварийных ситуаций;
- набор отказов для любой единицы оборудования (задвижка, клапан, датчик и т.д.) присутствующей на установке;
- активизацию функций удаленного управления;

- имитацию изменения внешних условий;
- автоматическое и ручное запоминание состояний (моментальных снимков) ТП;
- выбор и активизацию моментальных снимков процесса;
- редактирование, запись и активизацию тренировочных упражнений;
- редактирование, запись и активизацию сценариев;
- редактирование исходных данных и настроек математических моделей аппаратов и оборудования (конструктивные параметры, эксплуатационные характеристики и т.п.);
- активизацию режима автоматизированного контроля и оценки действий обучаемых;
- просмотр значений, трендов и алармов переменных технологического процесса;
- просмотр внутренних переменных моделируемого процесса (температуры, давления, расходы, концентрации, составы продуктов и т.д.);
- ведение, запоминание и печать протокола сеанса обучения, включая все вмешательства инструктора и оператора в ход моделируемого процесса, а также сообщения системы алармирования;
- поддержание режимов «Приостановка»/«Запуск моделирования» и изменение скорости моделирования процесса;
- печать результатов тренинга;
- справочную систему для Инструктора.

4.2. АРМ Обучаемого.

АРМ обучаемого должно обеспечивать регистрацию обучаемого, его доступ к управлению всеми объектами, эмулируемыми на тренажере, фиксирование и сохранение в базе данных всех действий обучаемого для последующего автоматизированного анализа и оценки результатов тренинга.

Состав подсистем АРМ обучаемого следующий:

- имитатор РСУ и ПАЗ;
- интерактивная технологическая схема агрегата (имитатор систем и оборудования, расположенного в операторной на щите и за пределами операторной – «в поле»).

4.2.1. Имитатор РСУ.

Интерфейс оператора РСУ на тренажере должен полностью соответствовать используемой на установке РСУ **DeltaV** включая мнемосхемы, блоки управления, тренды и другие элементы мониторинга и управления процессом. У операторов не должно возникать трудностей при переходе с реальной системы управления к тренажеру и наоборот.

Все функции управления, ПАЗ и алармирования, используемые при управлении ТП, должны быть полностью воссозданы на имитаторе РСУ.

Доступ к остальным элементам не автоматизированного управления должен осуществляться с помощью интерактивной технологической схемы.

4.2.2. Интерактивная технологическая схема (ИТС).

Интерактивная технологическая схема должна включать всю технологическую цепочку установки, включая вспомогательные (охлаждение насосов, разводка оборотной воды, пара, азота и пр.) На технологической схеме должна быть смоделирована вся ручная арматура.

Доступ ко всем объектам управления, моделируемым в тренажере и расположенным в операторной на щите или за пределами операторной (щиты управления, ручная арматура, горелки печей, органы управления насосов, дымососов и т.д.), должен осуществляться с помощью интерактивной технологической схемы. Органы управления должны представляться средствами графики, их внешний вид должен быть максимально приближен к реальному, а логика управления и реакция на управляющие воздействия должны соответствовать реальным.

На ИТС должны отображаться точки отбора проб продуктов с возможностью отображения состава продукта в реальном времени.

Техническая реализация ИТС должна быть осуществлена на базе ПК с LCD-монитором, аналогичным, установленным в операторной, с возможностью дополнительного подключения промышленного сенсорного монитора.

5. Требования к тренажерной модели

Моделирование технологического процесса должно осуществляться на основе решения динамических систем нелинейных дифференциальных уравнений химической кинетики, уравнений состояния для описания фазовых переходов, уравнений тепло- и массообменных процессов, уравнений теплового и материального баланса компонентов продуктов, а также систем уравнений гидродинамики и гидравлики.

Выбор математического аппарата моделирования процессов и аппаратов должен осуществляться с учетом необходимой для целей обучения точности и степени детализации параметров процессов применительно к режимам нормального функционирования и аварийным ситуациям. Модели должны обеспечить расчет всех измеряемых на установке дистанционно и по месту параметров и составов всех отбираемых проб во всех режимах функционирования агрегата, включая аварийные ситуации и пусковые операции. Для имитации аварийных ситуаций не допускается использование математических моделей, полученных в результате обработки статистической информации, отражающей штатную эксплуатацию агрегата.

Модели должны быть адаптированы к конкретным условиям установки по режимным параметрам, обозначениям и описаниям позиций, обвязке КИП и А, шкалам приборов, границам сигнализаций и т.п.

Модели должны описывать нормальное функционирование агрегата во всех предусмотренных технологических режимах, а также работу оборудования, основных и вспомогательных технологических линий при ликвидации аварийных ситуаций.

В моделях необходимо учитывать теплообмен с окружающей средой, приводящий к остыванию аппаратов и трубопроводов при их отключении и прекращении подачи продуктов.

В моделях должен выполняться автоматический контроль соблюдения правил пуска, эксплуатации и останова оборудования, нарушение которых может привести к аварийным ситуациям или разрушению оборудования. Динамические характеристики моделей аппаратов должны отражать реальную (или максимально приближенную к реальной) реакцию объекта на возмущения и управляющие воздействия. В качестве таких возмущений следует рассматривать расходы (загрузка по сырью, расход пара, топлива, теплоносителя, орошения и т.п.), давления, состав и температуру потоков, изменения температуры окружающей среды, а также следующие отказы оборудования:

- Комплексные нарушения широкого действия:
 - прекращение подачи электроэнергии к силовым приводам оборудования;
 - прекращение подачи сжатого воздуха к приводам регулирующих клапанов;
 - нарушение подачи топлива и разгерметизация змеевиков печи;
 - нарушение подачи пара;
 - прекращение подачи воды или отказ элементов системы водоподготовки;
 - прекращение подачи сырья;
 - разгерметизация трубопроводов;
 - срабатывание предохранительных клапанов;
 - пожар на установке или в отдельных помещениях (с последующим моделированием работы системы пожаротушения);
 - загазованность помещений и выброс в атмосферу взрывоопасных продуктов;
 - другие аварийные ситуации в рамках ПЛА.
- Отказы насосного оборудования:

- отказ электродвигателя насоса;
- отказ пусковой аппаратуры;
- загорание насоса;
- отказ системы охлаждения насоса;
- разгерметизация насоса;
- падение мощности насоса;
- отказ, связанный с длительной работой на закрытый выкид;
- сброс насоса при ошибках в процессе пуска или опустошении питающих емкостей.
- Отказы воздушных холодильников:
 - отказ электродвигателя;
 - отказ пусковой аппаратуры.
- Отказы датчиков:
 - искажение показаний в сторону увеличения или уменьшения;
 - смещение показаний прибора в сторону заранее заданной отметки с последующим «залипанием»;
 - дрейф показаний в заданных пределах;
 - отказ диагностики.
- Отказы регулирующих клапанов, отсекающих:
 - отказ регулирующего клапана в положении, соответствующем отсутствию подачи сжатого воздуха;
 - отказ регулирующего клапана в положении «Открыт»;
 - отказ регулирующего клапана в положении «Закрыт»;
 - отказ регулирующего клапана в текущем положении.
- Отказы задвижек:
 - несанкционированное открытие;
 - несанкционированное закрытие;
 - заклинивание поворотного механизма;
 - падение клина.
- Отказы технологического оборудования:
 - переполнение;
 - опустошение;
 - разгерметизация;
 - загорание;
 - срабатывание предохранительных клапанов.
- Прочие ситуации:
 - изменение качества топлива;
 - изменение состава сырья;
 - изменение температуры окружающего воздуха.

Модели различных видов аппаратов и оборудования должны с определенной для каждого типа оборудования степенью адекватности удовлетворять следующим требованиям:

Печи

При моделировании печей следует учитывать: конструктивные особенности, расположение змеевиков для всех нагреваемых продуктов в радиантной и конвекционной секциях; работу шиберов, воздуходувок и дымососов; работу систем утилизации тепла; вид топлива, конструктивные и технологические особенности систем его распыления и сжигания; температуру, расход и состав сырья на входе в печь; температуру и расход воздуха на горение. Модель должна учитывать потери тепла и давать расчетный КПД близкий к реальному. В модели должны рассчитываться температурные распределения и разрежения, как минимум в

точках установки измерительных датчиков. Необходима имитация последовательности операций по розжигу и остановке печи с возможностью искусственного ускорения процесса. При этом должна воспроизводиться работа всего основного и вспомогательного оборудования (арматуры раздельной подачи топлива, пара и продукта, системы воспламенения топлива, шиберов по месту и т.п), задействованного при пуске и остановке. Модель должна воспроизводить изменение температурных режимов, разрядов и потоков при возможных прогарах змеевиков печи различной величины. В модели должен осуществляться автоматический контроль за выполнением операций по подаче, зажиганию и прекращению подачи топлива.

Теплообменное оборудование

К данному типу оборудования относятся теплообменники, холодильники, холодильники-конденсаторы, аппараты воздушного охлаждения и ребойлеры. В моделях теплообменников должны учитываться температурные зависимости теплофизических свойств теплоносителей, а также возможные фазовые переходы. Для систем, связанных с конденсацией пара, должна учитываться работа конденсатоотводчиков. Для аппаратов воздушного охлаждения необходимо учитывать зависимость степени охлаждения от оборотов двигателя. В моделях теплообменного оборудования должна быть учтена возможность разгерметизации внутренних пучков труб и внешних трубопроводов. Температура окружающего воздуха считается постоянной для всей модели, однако, для инструктора должна быть предоставлена возможность ее изменения. Для теплообменников, охлаждаемых оборотной водой, температура воды не задается, а рассчитывается на основе моделирования функционирования общей системы водоснабжения. В местах размещения пробоотборников должны быть обеспечена возможность вывода состава и др. характеристик продуктов.

Реакторы

Моделирование реакторов должно осуществляться на основе одномерных или двумерных систем нелинейных уравнений в частных производных, описывающих кинетику основных и побочных химических реакций на катализаторе, тепловые (для рабочей среды, катализатора и стенок) и массообменные процессы в реакторе, а также уравнений гидродинамики, описывающих распределение потоков, температур и давлений внутри реактора. При высоких давлениях должны учитываться эффекты не идеальности газовых смесей.

Модели должны адекватно описывать влияние технологических условий (температуры, давления, состава и подачи сырья) на выход и качество основного и побочных продуктов.

Модели должны имитировать работу реакторов в нормальном режиме, в ходе пуска, останова, а также при возникновении аварийных ситуаций, заявленных Заказчиком.

Модели должны обеспечить расчет температурных распределений в точках измерений в слое катализатора и состава продуктов в точках возможного отбора проб.

Насосы

Насосы моделируются на основе данных технического паспорта или кривых производительности. Для насосов должны моделироваться тепловые процессы (с учетом наличия и работы системы охлаждения), степень детализации которых определяется установкой датчиков температур. При моделировании должны учитываться характерные нарушения работоспособности и контролироваться принятый порядок пуска и остановки насоса. В модели насоса должна быть предусмотрена имитация операций по дренированию.

Компрессоры

Моделирование компрессоров должно основываться на данных по кривым производительности для различных оборотов из технических паспортов. При этом должны

моделироваться зависимости напора компрессоров от состава и температуры газа. Должна учитываться работа антипомпажных клапанов и диагностироваться работа в режиме помпажа.

В модели должны рассчитываться все параметры, отображаемые на дистанционных, местных пультах и датчиках по месту.

Должны детально моделироваться (в зависимости от типа компрессора) следующие схемы:

- обвязка компрессора по газу, в том числе функционирование систем промежуточного охлаждения;
- схема смазочного масла компрессора;
- схема уплотнений компрессора (сухие, масляные или др.);
- встроенная система аварийной остановки компрессора;
- пульты и другие органы управления компрессором, расположенные по месту.

Емкости

Давление, температура и уровни жидкости определяются на основе уравнений теплового и материального баланса с учетом наличия систем подогрева и охлаждения. Распределение жидких (если их несколько) и газовой фаз по объему, мест расположения подающих и выводящих трубопроводов, а также датчиков уровней определяются исходя из конструктивных особенностей емкостей. Должны учитываться эффекты, связанные с опустошением и переполнением емкостей. В моделях емкостей необходимо учитывать фазовое состояние и равновесие пар-жидкость для хранящихся продуктов, а также возможное наличие водяного пара и воздуха.

Перечень и характеристики моделируемого технологического оборудования, регулирующих, запирающих и предохранительных клапанов должны соответствовать технологическому регламенту УПВ-2.

6. Требования к моделированию логики управления и блокировок

Моделирование логики управления и блокировок должно соответствовать рабочему проекту РСУ установки УПВ-2. Должны быть учтены изменения РСУ, которые могут появиться (реконструкция, техническое перевооружение, совершенствование РСУ) в течение периода разработки тренажерного комплекса.

7. Требования к сетевому функционированию программных и аппаратных компонентов тренажерного комплекса

Программные и аппаратные компоненты тренажерного комплекса должны функционировать в общезаводской локальной компьютерной сети при скорости обмена данными 100 Мбит/сек.

Должна обеспечиваться возможность одновременной работы сервера моделирования, автоматизированного рабочего места инструктора и до десяти АРМ обучаемых. Сервер моделирования может быть совмещен с АРМ инструктора.

Система должна быть работоспособной при включении ПК, входящих в ее состав, в структуру общего домена под управлением MS Windows.

Система не должна препятствовать удаленному администрированию.

8. Требования к характеристикам взаимодействия тренажерного комплекса с другими программными продуктами

Система должна быть совместима и протестирована производителем на работоспособность в операционных системах Microsoft Windows XP Professional SP3 RUS 32-bit и Microsoft Windows 7 RUS 32-bit.

Система должна быть совместима с используемым корпоративным антивирусным программным обеспечением.

9. Перспективы развития, модернизации тренажерного комплекса

Тренажерный комплекс должен предусматривать возможность его модернизации Исполнителем при изменениях состава оборудования, средств управления и технологических параметров установки.

10. Требования к надежности

Тренажерный комплекс должен сохранять работоспособность и обеспечивать восстановление своих функций при возникновении следующих внештатных ситуаций:

- сбои в системе электроснабжения аппаратной части, приводящих к перезагрузке ОС (восстановление программы должно происходить после перезапуска ОС и запуска исполняемого файла системы);
- ошибки в работе аппаратных средств (кроме носителей данных и программ) восстановление функции системы возлагается на ОС;
- ошибки, связанные с программным обеспечением (ОС и драйверы устройств), восстановление работоспособности возлагается на ОС.

Технические решения должны предусматривать возможность восстановления данных в случаях сбоев работы тренажерного комплекса и возможность выполнения полного и частичного резервного копирования данных тренажерного комплекса.

11. Требования к эргономике и технической эстетике

Взаимодействие пользователей с прикладным программным обеспечением, входящим в состав тренажерного комплекса должно осуществляться посредством визуального графического интерфейса. Интерфейс системы должен быть понятным и удобным, не должен быть перегружен графическими элементами и должен обеспечивать быстрое отображение экранных форм. Навигационные элементы должны быть выполнены в удобной для пользователя форме. Ввод-вывод данных системы, прием управляющих команд и отображение результатов их исполнения должны выполняться в интерактивном режиме. Интерфейс должен соответствовать современным эргономическим требованиям и обеспечивать удобный доступ к основным функциям и операциям системы.

Интерфейс должен быть рассчитан на преимущественное использование манипулятора типа «мышь», то есть управление тренажерным комплексом должно осуществляться с помощью набора экранных меню, кнопок, значков и т. п. элементов. Клавиатурный режим ввода должен использоваться главным образом при заполнении и/или редактировании текстовых и числовых полей экранных форм.

Все надписи экранных форм, а также сообщения, выдаваемые пользователю (кроме системных сообщений) должны быть на русском языке.

Система должна обеспечивать корректную обработку аварийных ситуаций, вызванных неверными действиями пользователей, неверным форматом или недопустимыми значениями входных данных. В указанных случаях система должна выдавать пользователю соответствующие сообщения, после чего возвращаться в рабочее состояние, предшествовавшее неверной (недопустимой) команде или некорректному вводу данных.

Экранные формы должны проектироваться с учетом требований унификации:

- все экранные формы пользовательского интерфейса должны быть выполнены в едином графическом дизайне, с одинаковым расположением основных элементов управления и навигации;
- для обозначения сходных операций должны использоваться сходные графические значки, кнопки и другие управляющие (навигационные) элементы;

- термины, используемые для обозначения типовых операций (добавление информационной сущности, редактирование поля данных), а также последовательности действий пользователя при их выполнении, должны быть унифицированы;
- внешнее поведение сходных элементов интерфейса (реакция на наведение указателя «мыши», переключение фокуса, нажатие кнопки) должны реализовываться одинаково для однотипных элементов.

Интерфейс тренажерного комплекса для обучаемого (графическое представление на мониторе, звуки, использование клавиатуры и манипулятора «мышь») должен полностью соответствовать интерфейсу оператора АСУТП.

12. Требования к защите информации от несанкционированного доступа

Тренажерный комплекс должен обеспечивать только авторизированный доступ, недопустимо наличие открытых для общего доступа файловых и системных ресурсов.

Компоненты подсистемы защиты от несанкционированного доступа должны обеспечивать:

- идентификацию пользователя;
- проверку полномочий пользователя при работе с тренажерным комплексом;
- разграничение доступа пользователей на уровне задач в соответствии с ролевой принадлежностью.

13. Требования по сохранности информации при авариях

Программное обеспечение тренажерного комплекса должно восстанавливать свое функционирование при корректном перезапуске аппаратных средств. Должна быть предусмотрена возможность организации автоматического и (или) ручного резервного копирования данных системы средствами системного и базового программного обеспечения (ОС, СУБД), входящего в состав программно-технического комплекса Заказчика.

14. Требования к патентной чистоте

Установка тренажерного комплекса в целом, как и установка отдельных частей тренажерного комплекса не должна предъявлять дополнительных требований к покупке лицензий на программное обеспечение сторонних производителей, кроме системного программного обеспечения.

В структуре тренажерного комплекса не должны использоваться программные коды и алгоритмы, не принадлежащие Исполнителю.

15. Требования к лингвистическому обеспечению

Все прикладное программное обеспечение тренажерного комплекса для организации взаимодействия с пользователем должно использовать русский язык.

Язык отличный от русского используется в том случае, если это обусловлено необходимостью идентичного отображения органов управления, индикации или сигнализации.

16. Требования к методическому обеспечению КТК

Тренажерный комплекс должен снабжаться полным набором методических и дидактических материалов, обеспечивающих эффективное обучение операторов и перенос приобретенных ими навыков на реальное производство. Методика обучения должна строиться на современных компьютерных приемах усвоения, закрепления и поддержания базовых навыков и комплексных умений, необходимых оператору при выполнении стандартных и нестандартных действий по управлению ТП.

В руководстве инструктора должны быть даны подробные указания по созданию сценариев, учебных тем и тестов.

17. Обучение

- Курс для инструкторов компьютерного тренинга

Длительность курса 2-5 дней. Цель курса – обучение методике компьютерного тренинга и возможностям станции инструктора.

- Курс по сопровождению Тренажера

Цель – обучение необходимому минимальному объему конфигурации Тренажера назначенных Заказчиком специалистов.

18. Документация

Исполнитель обеспечит следующий минимальный объем технической документации по Тренажеру (2 экз. бумажной и электронную версию):

- руководство инструктора;
- руководство оператора;
- руководство по сопровождению и эксплуатации тренажерных комплексов;
- руководства пользователя по поставляемым компонентам среды разработки.

19. Гарантии

Срок гарантии на поставляемое системное и специализированное ПО, а также устранения неисправностей (неточностей) Исполнителем должен составлять не менее 24 месяцев с момента подписания Акта сдачи-приемки работ по последнему Этапу договора.

Главный инженер

Е.Н. Карасев

Зам. главного инженера по ОП и ТБ

27.08.14

Д.В. Кириллов

Зам. главного инженера
по технологическим процессам

А.В. Пискунов

Главный метролог

С.И. Кравец

Начальник цеха №4

С.В. Лохматов

Начальник ООТ

А.С. Бровко
Н.Н. Леонов