

УДК 665.6

Оптимизация работы установки производства серы из кислых газов аминовой очистки Восточно-Ламбейшорского месторождения

С.В. Труфанов^{1*}, А.Е. Голованов¹, Е.В. Шульц¹

¹ Филиал ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта, Российская Федерация, 169330, Республика Коми, г. Ухта, ул. Севастопольская, д. 1-а

* E-mail: s.trufanov@sng.vniigaz.gazprom.ru

Ключевые слова: установка производства серы, электронагреватель, кислый газ, сероотложения, каталитическая ступень, регенерация катализатора, печи-подогреватели, технологическая эффективность.

Тезисы. В статье рассмотрены варианты оптимизации работы установки производства серы из кислых газов аминовой очистки попутного нефтяного газа Восточно-Ламбейшорского месторождения ТПП «Усинскнефтегаз» ПАО «ЛУКОЙЛ-Коми». В ходе анализа отказов электронагревателей на третьей ступени установки выявлена проблема сероотложений на поверхностях электронагревательных элементов вследствие механического уноса жидкой серы с потоком технологического газа в электронагреватель. Для решения проблемы отложений серы на нагревательных элементах предложены варианты как отказа от всей третьей ступени установки производства серы с выводом электронагревателя из работы, так и переоборудования аппаратом увеличенной мощности с коррозионно-стойкими элементами, а также изменения всего технологического процесса работы установки производства серы с переходом всех электронагревателей в режим работы в цикле регенерации катализатора реакторов. Дополнительно предложен вариант с переоборудованием ступеней нагрева печами – подогревателями газа. По результатам технико-экономического анализа сделан вывод о наиболее целесообразных вариантах оптимизации работы установки производства серы.

В течение 2019 г. при работе установки получения серы (УПС) «Восточный Ламбейшор» КЦДНГ-3 ТПП «Усинскнефтегаз» ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» возникла проблема разрушения нагревательных элементов электронагревателя третьей каталитической ступени 43Эт-3 установки производства серы. В ходе анализа результатов исследований разрушенного элемента электронагревателя 43Эт-3 была выявлена основная причина – отложения элементарной серы на поверхности элемента. Принципиальная схема УПС, включающая в себя котел-утилизатор 43КУ-1, трехступенчатый конвертер-реактор 43Р-1, -2, -3, котлы-регенераторы 43КУ-2 и 43КУ-3, электронагреватели газа 43Эт-1, -2, -3, сероуловитель 43Е-1 и печь дожига 43П-1, с указанием основных параметров работы установки представлена на рис. 1. Электронагреватель третьей ступени 43Эт-3 является самым маломощным в линейке электронагревателей 43Эт-1 (310 кВт), 43Эт-2 (210 кВт) и 43Эт-3 (175 кВт).

По результатам исследования основных физико-химических свойств углеводородного сырья, технологических режимов, параметров работы оборудования УПС, сравнительного анализа фактического, регламентного и проектного технологических режимов работы установки было выявлено, что причинами отложений серы на поверхностях нагревательных элементов являются механический унос жидкой серы со второй ступени котла-регенератора 43КУ-2 совместно с технологическим газом, подаваемым на нагреватель, и ее последующее осаждение на нагревательных элементах в зоне ввода технологического газа в электронагреватель при увеличении вязкости вследствие недостаточной скорости прогрева потока технологического газа по длине электронагревателя (рис. 2).

Согласно предоставленным актам отказа нагревательных элементов, проблемы с их выходом из строя существуют на всех ступенях нагрева – и 43Эт-3, и 43Эт-2, и 43Эт-1. Это позволяет сделать вывод о том, что проблема с отложениями серы на поверхностях нагревательных элементов является системной.

Подобная проблема также имеет место быть на первой и второй ступенях нагрева перед каталитическими реакторами на установке производства серы Южно-Хыльчунского месторождения.

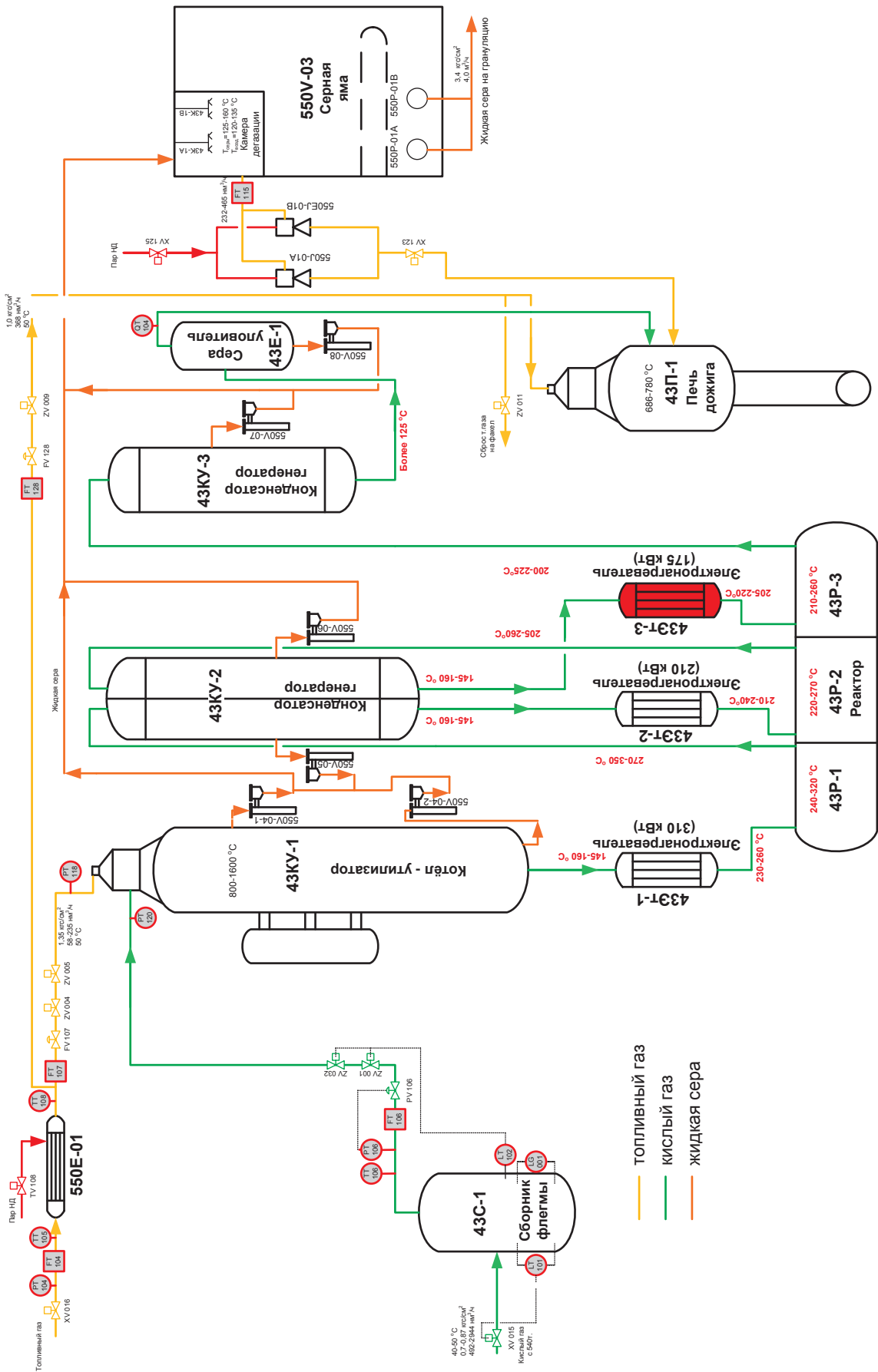


Рис. 1. Принципиальная схема УПС УПП «Восточный Ламбейшор»

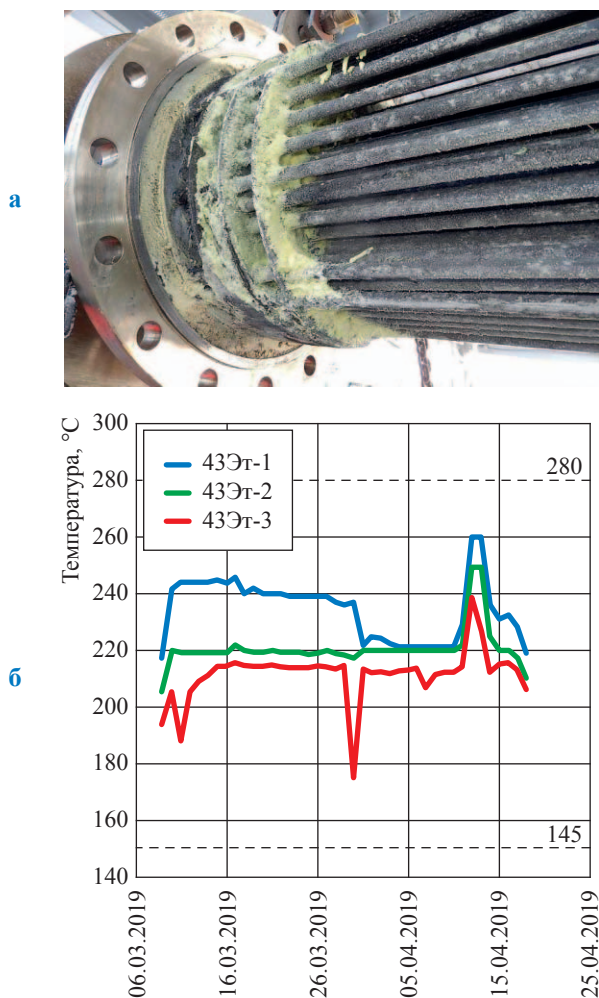


Рис. 2. Отложения серы на поверхностях нагревательных элементов электронагревателя 43Эт-3 (а), режимы работы 43Эт-1, 2 и 3 (б)

С целью оптимизации работы УПС были предложены различные варианты схем нагрева кислого газа на ступенях, в том числе полный либо частичный отказ от нагрева кислого газа перед ступенями, замена электронагревателя на новый аппарат в коррозионно-стойком исполнении, а также полный отказ от третьей каталитической ступени УПС (рис. 3–6):

- работа УПС, минуя третью каталитическую ступень (вывод из работы электронагревателя 43Эт-3, реактора 43Р-3, котла-регенератора 43КУ-3);
- переоборудование УПС новым нагревателем третьей ступени с нагревательными элементами, устойчивыми к коррозии;
- изменение схемы работы УПС с выводом электронагревателей в систему

регенерации катализатора (третьей ступени, второй и третьей ступеней, и всех ступеней нагрева соответственно);

- переоборудование УПС печами подогрева технологического газа вместо электронагревателей 43Эт-1, -2, -3.

Дополнительно был рассмотрен вариант переоборудования УПС печами-подогревателями 43ПП-1 и 43ПП-2 с работой УПС без третьей каталитической ступени (рис. 7).

Для каждого из вариантов оптимизации работы УПС был рассчитан материально-тепловой баланс с помощью специализированного программного обеспечения, а также проведены расчеты экономической эффективности.

Вариант с отключением 43Эт-3 потребует последующей замены электронагревателей 43Эт-1 и 43Эт-2 новыми аппаратами в коррозионно-стойком исполнении. Данный вариант принят в качестве базового при экономических расчетах.

Варианты оптимизации работы УПС с системой регенерации катализатора и переоборудование печами подогрева газа 43ПП-1, -2, -3 потребуют осуществления реконструкции УПС с переобвязкой существующего оборудования, строительством и монтажом нового оборудования (азотная станция, печи подогрева), разработкой новых технологических режимов работы УПС, внесением изменений в САЗ и АСУТП, изменением регламентных режимов работы установки.

Переоборудование третьей ступени нагрева новым электронагревателем увеличенной мощности (не менее 210 кВт – аналогично второй ступени нагрева – для повышения скорости прогрева потока газа на входе нагревателя с целью исключить отложения серы на поверхностях элементов) предусматривает работу установки на существующих технологических режимах с сохранением материально-энергетического баланса производства товарной серы.

При вариантах вывода электронагревателей из постоянной работы и работе их в цикле регенерации незначительно уменьшится выход товарной серы, но увеличится концентрация сероводорода на входе печи дожига 43П-1 (до 0,35...0,38 %), при этом оставаясь в рамках регламентных значений (не более 0,41 %).

Регенерацию катализатора 43Р-3 рекомендуется производить инертным газом (азотом)

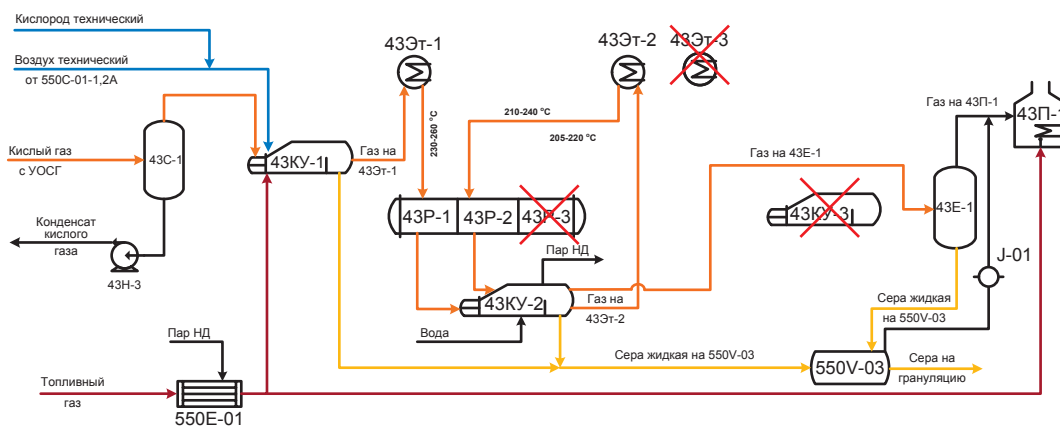


Рис. 3. Работа УПС без 43Р-3 (третья ступень) с выводом 43ЭТ-3 из работы

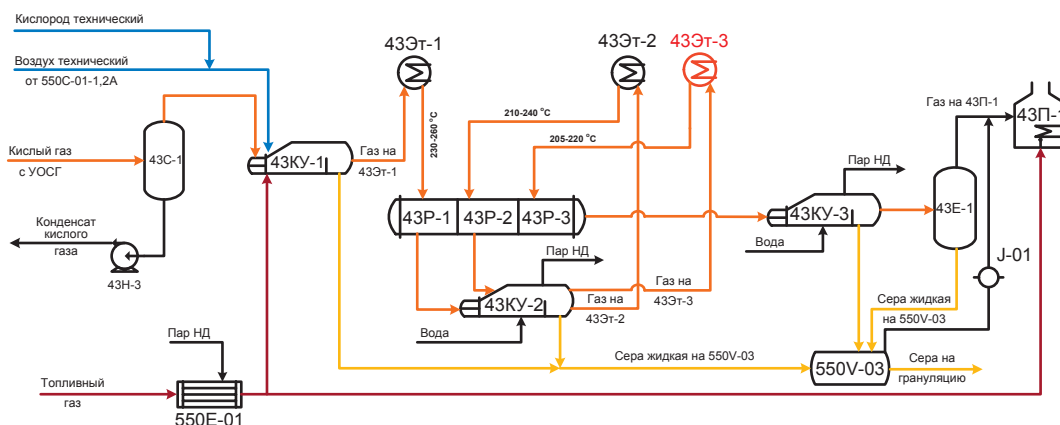


Рис. 4. Работа УПС с заменой 43ЭТ-3 на новый электронагреватель

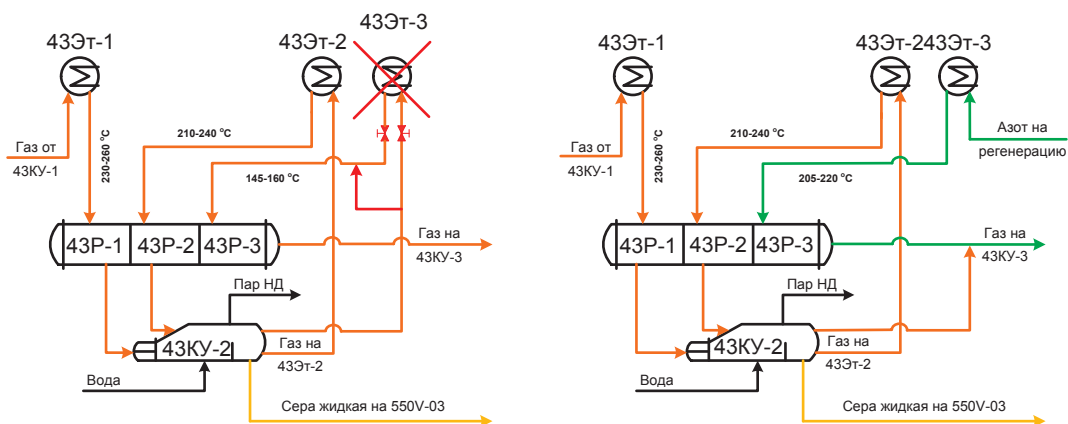


Рис. 5. Работа УПС с отключением 43ЭТ-3 и регенерацией катализатора в 43Р-3

для исключения возможности термодеструкции катализатора вследствие попадания в реактор паров воды и свободного кислорода.

Регенерация катализатора топливным газом не рекомендуется ввиду наличия в составе данного газа свободного кислорода и возможности термодеструкции (отравления) катализатора с непредсказуемым по длительности ци-

клом «конверсия – регенерация» и невысокой степени конверсии после нескольких циклов.

Переоборудование УПС печами подогрева технологического газа 43ПП-1, -2, -3 вместо электронагревателей 43ЭТ-1, -2, -3 позволяет кардинально исключить проблему сероотложений на поверхностях нагрева ввиду ее термического разложения в топках до диоксида серы.

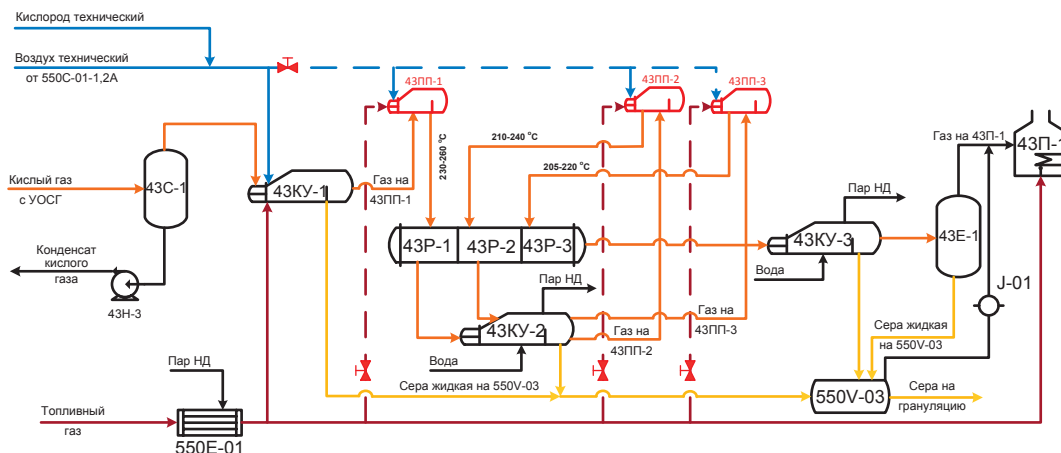


Рис. 6. Работа УПС с заменой электронагревателей 43Эт на печи-подогреватели 43ПП

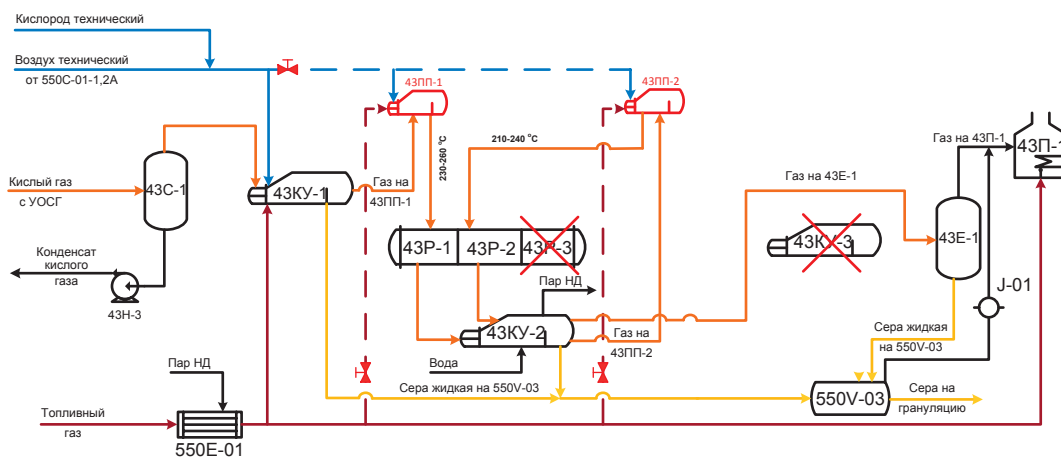


Рис. 7. Работа УПС с заменой электронагревателей 43Эт-1, -2 на печи-подогреватели 43ПП-1, -2 и выводом из работы 43Эт-3 и 43Р-3

При этом технологические режимы работы (температура) перед реакторами 43Р-1, -2, -3 остаются на существующем регламентном уровне, но изменяется технологическая обвязка УПС, вносятся изменения в СПАЗ и АСУТП, значительно меняется материальный баланс по энергоресурсам (топливный газ, технологический воздух) и технологическому газу, направляемому через каталитический блок (реактор 43Р-1, -2, -3, котлы-генераторы 43КУ-2 и 43КУ-3) на печь 43П-1 для дожига.

Дополнительный вариант предусматривает переоборудование УПС печами подогрева технологического газа 43ПП-1, -2 вместо электронагревателей 43Эт-1, -2 и работу УПС без третьей каталитической ступени. Данное решение также позволяет кардинально исключить проблему сероотложений на поверхностях

нагрева ввиду ее термического разложения в топках до диоксида серы.

Технико-экономическое сравнение абсолютных и относительных показателей вариантов оптимизации работы УПС за 10-летний период показывает, что наиболее экономически эффективным вариантом оптимизации является замена существующих электронагревателей 43Эт-1, -2, -3 на печи-подогреватели 43ПП-1, -2, -3.

При этом по вариантам оптимизации работы УПС учтены как основные статьи эксплуатационных расходов (электроэнергия в цикле «конверсия – регенерация», топливный газ и технологический воздух на печи подогрева), так и капитальные затраты (новые электронагреватели, азотная станция, печи подогрева).

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

Наиболее технологически эффективен перевод УПС в работу, минуя третью каталитическую ступень (минимальны капитальные вложения и вмешательство в регламент работы УПС). При этом остается нерешенной проблема возможных сероотложений на 43Эт-1 и 43Эт-2.

Наиболее экономически эффективным вариантом оптимизации работы УПС является замена нагревателей 43Эт-1, -2, -3 на печеподогреватели 43ПП-1, -2, -3.

Отключение нагревателей перед реактором 43Р-1, -2, -3 приведет к существенному изменению схемы работы УПС и соответствующим капитальным вложениям.

При реализации системы регенерации для определения оптимального цикла «конверсия – регенерация» необходимы опытные работы на установке, а также мониторинг процессов осаждения серы на первой и второй ступенях нагрева (43Эт-1 и 43Эт-2).