

**Многофункциональные пневмотекстурированные нити (АТУ).** С объединением в одной нити волокон со свойствами эффективного управления влагой и термозащитой специалисты предприятия, создали мягкие, «хлопкоподобные» много-функциональные пневмотекстурированные нити 20 текс f 120. Но наши технологи пошли дальше и смогли ввести в структуру одной из составляющих функциональную добавку Cool Black, позволяющую нити отражать инфракрасные лучи. Данный вид нити обеспечивает двойной согревающий эффект при изготовлении согревающего белья, термоносков и подкладочных тканей.

**Нити с антибактериальными свойствами (АВ).** Антибактериальная добавка вводится нами непосредственно в расплав полимера, что обеспечивает изделию сохранение антибактериального эффекта длительное время. Механизм действия основан на медленном высвобождении ионов серебра, которые препятствуют росту бактерий и микроорганизмов.

С антибактериальной добавкой могут нарабатываться и быстроотводящие влагу нити Quick Dry. Объединение этих двух свойств в готовом изделии позволяет человеку чувствовать себя сухим и свежим даже после самых тяжелых физических нагрузок и минимизируют неприятный запах пота. Нити рекомендуются для медицинских изделий, спортивного и бельевого трикотажа, чулочно-носочных изделий, постельного белья.

УДК 661.56

**Сиротин А.В.**  
ОАО «Гродно Азот»

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ НОВОГО АГРЕГАТА ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ МОЩНОСТЬЮ 1200 ТОНН В СУТКИ В ОАО «ГРОДНО АЗОТ»**

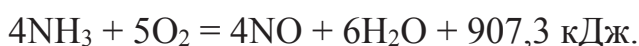
Сфера применения азотной кислоты в настоящее время огромна. Она охватывает многие отрасли промышленности, такие как:

- химическую (изготовление взрывчатых веществ, органических красителей, пластмасс, натрия, калия, пластмасс, некоторых видов кислот, искусственного волокна);
- сельскохозяйственную (производство азотных минеральных удобрений);
- металлургическую (растворение и травление металлов);
- фармакологическую (входит в состав препаратов по удалению кожных образований);

- ювелирное производство (определение чистоты драгоценных металлов и сплавов);
- военную (входит в состав взрывчатых веществ как нитрующий реагент);
- ракетно-космическую (одна из составляющих ракетного топлива);
- медицину (для прижигания бородавок и других кожных образований).

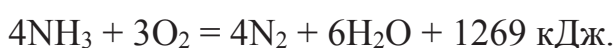
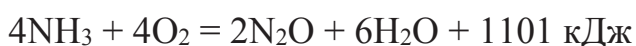
Промышленное производство азотной кислоты в мире в настоящий момент базируется на окислении газообразного аммиака кислородом воздуха на катализаторных сетках из сплава платины с родием и другими платиноидными металлами. В зависимости от примененного давления температура процесса окисления варьируется от 800 °С до 910 °С.

Процесс окисления аммиака происходит по основной реакции:



В зависимости от давления по основной реакции превращается в NO от 91 % до 97 % аммиака.

В процессе окисления аммиака могут проходить побочные реакции:



Далее в процессе получения азотной кислоты участвует NO.

Нитрозный газ охлаждается с 800 °С – 910 °С до 200 °С – 300 °С в котле-утилизаторе с выработкой водяного пара с давлением 1,667–3,923 МПа (абс.) и перегревом до 250 °С – 440 °С.

До стадии абсорбции оксидов азота водой с образованием азотной кислоты нитрозный газ охлаждается до 40 – 50 °С в котлах-утилизаторах, холодильниках-конденсаторах и подогревателях выхлопного газа. В ходе охлаждения NO окисляется кислородом, содержащимся в нитрозном газе и добавочном воздухе, до NO<sub>2</sub> по реакции:



Процесс кислотообразования идет в холодильниках-конденсаторах и абсорбционной колонне по реакции взаимодействия с водой:



Выделяющийся оксид азота (NO) окисляется кислородом нитрозного газа до диоксида NO<sub>2</sub> параллельно с образованием HNO<sub>3</sub>, ступенчато, многократно повторяясь.

Выхлопной газ после абсорбционной колонны содержит до 0,05–0,15 об. % NO + NO<sub>2</sub> в зависимости от типа агрегатов и подвергается каталитической очистке от NO + NO<sub>2</sub> до содержания не более 0,005 об. %.

Особенность производства азотной кислоты в промышленном масштабе заключается в том, что оно со времени изобретения способа получения оксидов азота методом окисления аммиака кислородом воздуха на платиновом катализаторе и их поглощения водой более ста лет назад базируется на этом общем единственном способе. Все многочисленные попытки получить оксиды азота прямой фиксацией атмосферного азота в промышленном масштабе завершились неудачей.

В то же время действующие в мире производства азотной кислоты отличаются многообразием технических решений по технологическим схемам, конструкции оборудования, способов достижения глубины переработки оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) в азотную кислоту и минимизации содержания их в выхлопном газе, выбрасываемом в атмосферу.

Технически прогресс в отрасли производства азотной кислоты зависел не только от научных достижений, но и от технических, экономических возможностей металлургической промышленности, химического и энергетического машиностроения, изготавливающего компрессорное оборудование для сжатия атмосферного воздуха и нитрозного газа.

В способе получения азотной кислоты заложено противоречие между оптимальным давлением на стадии окисления аммиака (при более низком выше степень окисления  $\text{NH}_3$  в  $\text{NO}$  на платиновом катализаторе) и на стадиях окисления  $\text{NO}$  в  $\text{NO}_2$  и их абсорбции водой (чем выше давление, тем на порядки меньше объемы аппаратуры и, соответственно, капиталовложения). Развитие процессов в металлургии в части поставки коррозионностойких в азотной кислоте сталей и сплавов, химического машиностроения в части изготовления сложного крупногабаритного оборудования из этих металлов, энергетического машиностроения в части поставки качественных турбокомпрессоров и газовых турбин, а также малогабаритных котлов-утилизаторов для выработки водяного пара с высокими энергетическими параметрами обусловило постепенную смену производства азотной кислоты под атмосферным давлением с большим количеством крупногабаритных башен до крупнотоннажных производств в одну технологическую линию с одной абсорбционной колонной с мощностью, много большей, чем у предыдущих технологий.

**Описание действующих агрегатов по производству азотной кислоты (агрегат 1/3,5).** Производство химических продуктов в ОАО «Гродно Азот» фактически началось с цеха азотной кислоты и аммиачной селитры.

Производство слабой азотной кислоты, эксплуатировавшееся в ОАО «Гродно Азот» до строительства нового агрегата, было введено в эксплуатацию в декабре 1963 года. Генеральным проектировщиком технологической части и разработчиком технологического процесса является Государственный научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза (г. Москва).

Проектная мощность производства слабой азотной кислоты – 234 тысячи тонн моногидрата азотной кислоты в год, достигнутая мощность составляет 245 500 тонн моногидрата азотной кислоты в год.

Производство слабой азотной кислоты осуществляется на пяти технологических линиях. Метод производства основан на двухступенчатой каталитической конверсии аммиака под атмосферным давлением с последующим окислением оксида азота в диоксид кислородом и абсорбцией диоксида азота водой под давлением 0,35 МПа. В качестве катализатора на первой ступени конверсии аммиака используются платиноидные сплавы, на второй ступени – неплатиновый катализатор.

Принципиальная технологическая схема производства приведена на рис. 1.

Выход окиси азота от количества окисляемого аммиака составляет не ниже 97 %.

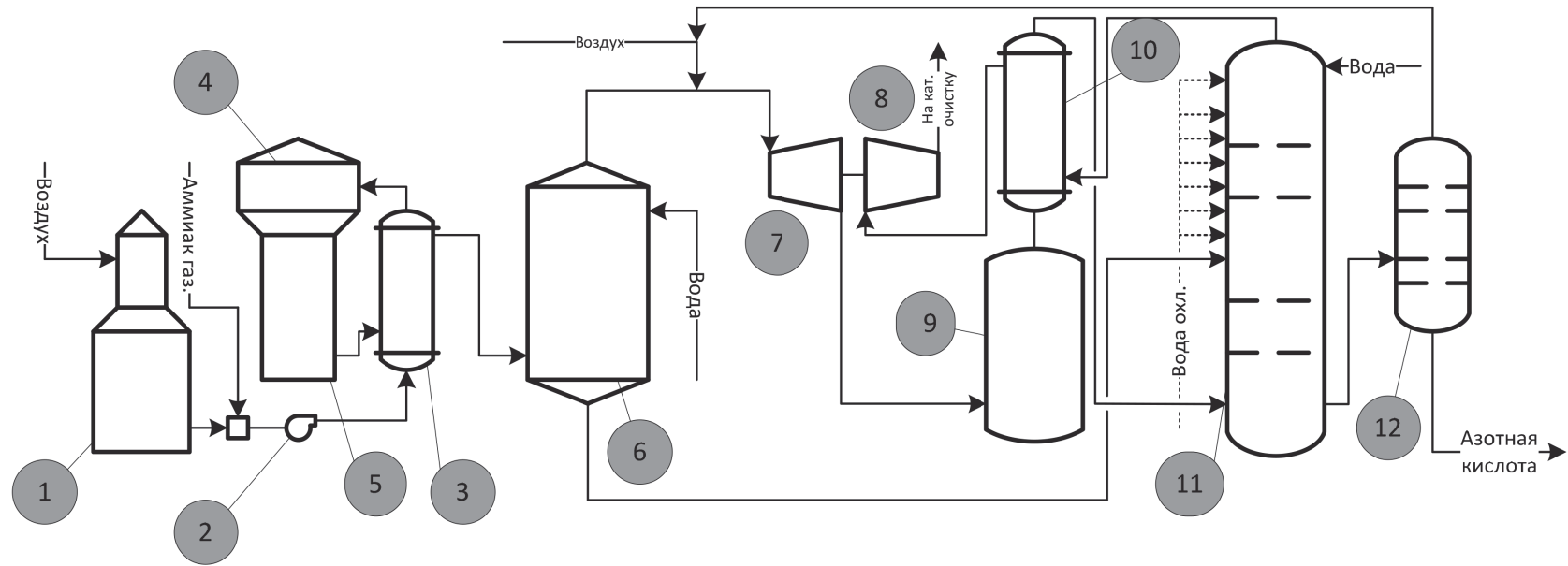
Нитрозный газ охлаждается в котле-утилизаторе с выработкой водяного пара.

Процесс кислотообразования идет в холодильниках-конденсаторах и абсорбционной колонне. Выделяющийся оксид азота NO окисляется кислородом до диоксида NO<sub>2</sub> параллельно с образованием HNO<sub>3</sub>, ступенчато, многократно повторяясь.

На нижней тарелке абсорбционной колонны кислота достигает концентрации не ниже 46 %. Полученная в колонне азотная кислота поступает на отдувку воздухом растворенных в ней окислов азота. Содержание растворенных окислов азота после продувки — не выше 0,15 %. Отбеленная кислота самотеком выдается в хранилища производственной азотной кислоты.

Выхлопной газ после абсорбционной колонны содержит до 0,15 об. % NO + NO<sub>2</sub> и подвергается процессу каталитической очистки от остатка NO + NO<sub>2</sub> до содержания 0,005 об. %. При этом в ходе работы производства достигнуты следующие технологические показатели:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя для агрегата 1/3,5
1	Удельный расход аммиака на производство 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	т	0,296
2	Удельное потребление электроэнергии на производство 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	тыс. кВт·ч	0,246
3	Выдача пара в сеть предприятия при производстве 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	Гкал	0,73
4	Удельные потери платинового катализатора на производство 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	г	0,03



1 – аппарат для очистки воздуха; 2 – аммиачно-воздушный вентилятор; 3 – подогреватель аммиачно-воздушной смеси; 4 – контактный аппарат; 5 – котел-утилизатор; 6 – газовый холодильник-промыватель; 7 – компрессор нитрозных газов; 8 – детандер отходящих газов; 9 – окислитель; 10 – подогреватель отходящих газов; 11 – абсорбционная колонна; 12 – отбелочная колонна

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема агрегата 1/3,5

**Описание нового агрегата по производству азотной кислоты (агрегат 4/11).** Учитывая то, что действующее производство азотной кислоты являлось более энергоемким в сравнении с современными агрегатами, технологическая схема и оборудование не могли обеспечить высокую степень энергосбережения для выполнения задач обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь и удовлетворения растущих потребностей предприятий сельского хозяйства в азотных удобрениях, снижения выбросов в атмосферу ОАО «Гродно Азот» начало проект по строительству нового технологического агрегата по производству азотной кислоты мощностью 1200 тонн в сутки.

От реализации проекта ожидалось следующие результаты:

- увеличение объемов производства азотной кислоты на 150 тыс. тонн в год;
- замена устаревшего энергоемкого оборудования производств азотной кислоты;
- снижение потребления топливно-энергетических ресурсов и исходного сырья (аммиака) на производство продукции;
- снижение материалоемкости и затрат на техническое обслуживание и ремонты;
- уменьшение выбросов вредных веществ в окружающую среду на единицу продукции в результате применения современных технологий и оборудования;
- увеличение производительности труда;
- улучшение условий труда промышленно-производственного персонала;
- получение дополнительной прибыли;
- повышение конкурентоспособности продукции на отечественном и мировом рынке.

В рамках проведения ОАО «Гродно Азот» открытых подрядных торгов на разработку проектно-сметной документации (архитектурный и строительный проекты) и комплектную поставку оборудования по инвестиционному проекту из трех компаний-претендентов «CNCEC» (Китай), «ThyssenKrupp Uhde GmbH» (Германия) и АО «Хемопроект» (Чехия) победителем торгов признана компания «ThyssenKrupp Uhde GmbH».

В 2014 году компания изменил название на ThyssenKrupp Industrial Solutions AG.

Немецкая компания ThyssenKrupp Industrial Solutions AG имеет хорошую деловую репутацию, производственно-технический потенциал и значительный опыт в проектировании, поставках оборудования и строительстве установок по производству азотной кислоты и минеральных удобрений.

Данная инжиниринговая компания является дочерним подразделением транснациональной корпорации «ThyssenKrupp AG», которая, в свою



очередь, является одним из самых крупных индустриальных концернов в мире, занимающим лидирующие позиции в области производства и продажи материалов и технологий, крупнейшим в мире производителем высоколегированной стали, а также металлообрабатывающих станков.

Компания ThyssenKrupp Industrial Solutions AG, штаб-квартира которой находится в городе Дортмунде, относится к мировым лидерам в строительстве промышленных предприятий, на счету компании более 2000 спроектированных и построенных заводов. Собственные дочерние предприятия фирмы есть в Австралии, Индии, Италии, Испании, Мексике, России, Швейцарии и Южной Африке.

Всего за свою многолетнюю историю компания ThyssenKrupp Industrial Solutions AG спроектировала, построила и пустила в эксплуатацию более 200 установок по производству азотной кислоты различной мощности и концентрации, и более 360 установок по производству минеральных удобрений.

**Технология производства азотной кислоты.** В производстве минеральных удобрений используется слабая азотная кислота с концентрацией в пределах от 50 до 70 %. Рабочий диапазон установок составляет 70 до 110 % от ее номинальной мощности.

Технологические установки по производству 60 %-ной азотной кислоты проектируются двух типов: в виде установок, работающих под единым давлением и установок, работающих под двумя уровнями давления. Для производств мощностью до 1000 тонн в сутки более предпочтительным является процесс с единым давлением из-за экономических и эксплуатационных условий; для установок с более высокой мощностью (например, 1200 тонн в сутки) – процесс с двойным давлением с целью снижения капитальных затрат.

Технология с двумя ступенями давления была разработана в соответствии с самыми высокими требованиями по защите окружающей среды. Данная технология экономично объединяет преимущества низкого давления на стадии окисления и высокого давления на стадии абсорбции.

В данном процессе технологический воздух сжимается до конечного давления 0,4-0,6 МПа. Газы окисления (нитрозные) охлаждаются в ряде последовательных теплообменников с получением пара и подогревом хвостового газа, который затем сжимается до 1,0–1,2 МПа.

Конечное давление выбирается из расчета обеспечения оптимальной работы стадии абсорбции для того, чтобы достичь требуемого содержания оксидов азота в хвостовом газе и обеспечить компрессор с приводом от паровой турбины достаточным количеством пара из охладителя технологического газа. При этом необходимо всегда иметь небольшой избыток пара для обеспечения стабильных условий работы установки.

### Технологическая схема установки азеотропной азотной кислоты

- 1 Реактор
  - 2 Холодильник технологического газа
  - 3 Нагреватель хвостового газа 3
  - 4 Экономайзер
  - 5 Холодильник-конденсатор 1 и подогреватель питательной воды
  - 6 Нагреватель хвостового газа 2
  - 7 Холодильник-конденсатор 2
  - 8 Абсорбционная колонна
  - 9 Нагреватель хвостового газа 1
  - 10 Реактор хвостового газа
  - 11 Испаритель и перегреватель аммиака
  - 12 Испаритель аммиака
  - 13 Колонна отделения попутных газов
  - 14 Конденсатор турбинного пара
  - 15 Воздушный конденсатор (опцион)
- ТХГ = турбина хвостового газа  
 ПТ = паровая турбина  
 ВК = воздушный компрессор  
 К NOx = компрессор NOx

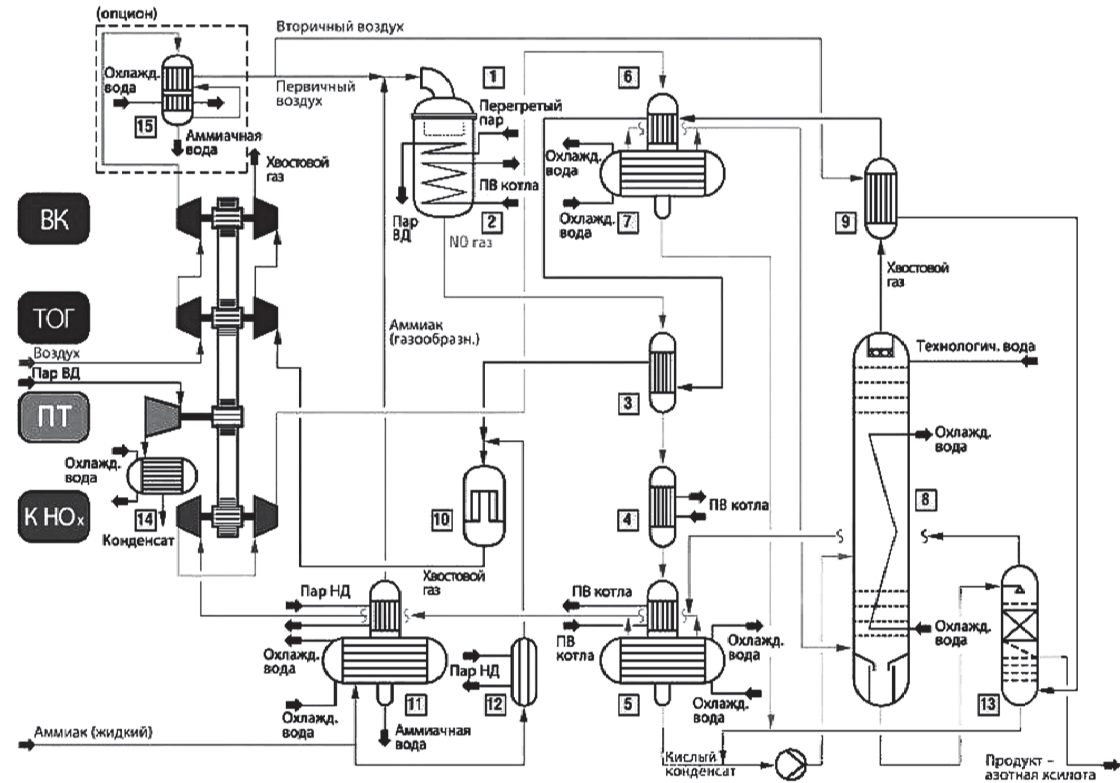


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема установки производства азеотропной азотной кислоты



Выход по азоту установок такого типа составляет более 96 % с содержанием  $\text{NO}_x$  в неочищенном хвостовом газе 150-200 ppm (об.). При необходимости, можно получить концентрацию  $\text{NO}_x$  не более 50 ppm с помощью селективного каталитического восстановления в присутствии катализатора из неблагородного металла и аммиака в качестве восстановительного агента.

Благодаря низкой тепловой нагрузке контактного аппарата окисления аммиака, платинородиевые сетки катализатора могут использоваться более 6 или 8 месяцев до их частичной или полной замены.

Кроме того, при необходимости, в такой установке могут быть переработаны потоки слабой азотной кислоты (разной концентрации), являющихся жидкими отходами других производств, что актуально для ОАО «Гродно Азот» в связи с наличием определенных объемов азотнокислого конденсата с массовой концентрацией 16–26 % по азотной кислоте, поступающего из цеха ГАС производства капролактама.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 2.

Реализованная технологическая схема отличается низким энергопотреблением за утилизации энергии потока хвостовых газов в турбодетандере. Конструктивно воздушный компрессор, компрессор нитрозных газов турбодетандер отходящих газов и приводная паровая турбина оформлены в виде единого агрегата (рис. 3).

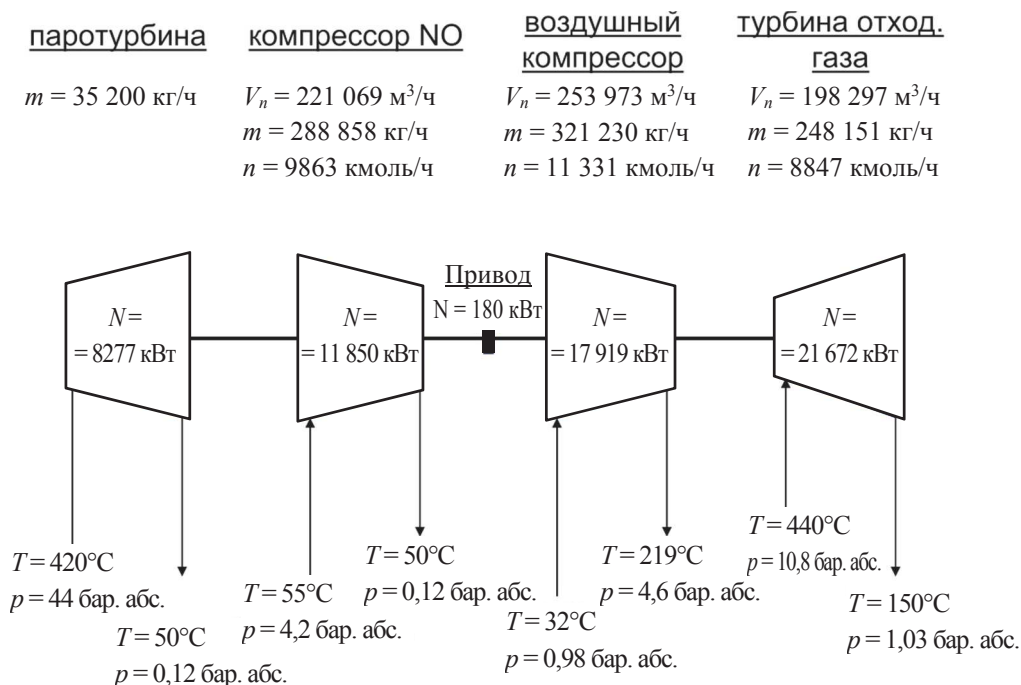


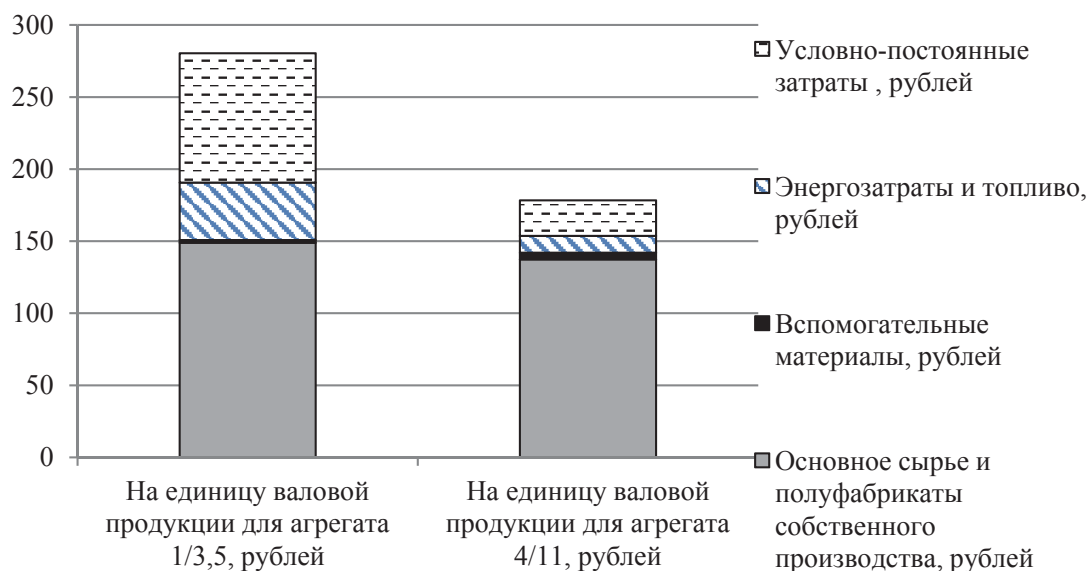
Рисунок 3 – Принципиальная схема компрессорного агрегата

Новый агрегат по производству азотной кислоты введен в эксплуатацию в мае 2019 года.

После вывода производства на проектную мощность достигнуты следующие технологические показатели:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя для агрегата 1/3,5	Значение показателя для агрегата 4/11
1	Удельный расход аммиака на производство 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	т	0,296	0,283
2	Удельное потребление электроэнергии на производство 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	тыс. кВт·ч	0,246	0,0126
3	Выдача пара в сеть предприятия при производстве 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	Гкал	0,73	0,9
4	Удельные потери платинового катализатора на производство 1 т азотной кислоты в пересчете на моногидрат	г	0,03	0,13

Сравнительный анализ структуры производственной себестоимости выработки 1 тонны азотной кислоты в пересчете на моногидрат на старом и новом агрегате приведен на рис. 4.



**Рисунок 4 – Сравнительный анализ структуры производственной себестоимости выработки 1 тонны азотной кислоты в пересчете на моногидрат на старом и новом агрегате**

Таким образом, в результате реализации проекта по строительству нового агрегата по производству азотной кислоты в ОАО «Гродно Азот» были достигнуты все поставленные цели:

- увеличены объемы производства азотной кислоты;
- снижено потребление топливно-энергетических ресурсов и исходного сырья (аммиака) на производство продукции;
- снижены материалоемкость и затраты на техническое обслуживание и ремонты;
- увеличена производительность труда;
- улучшены условия труда промышленно-производственного персонала;
- получена дополнительная прибыль за счет снижения затрат на производство продукции.

УДК 620.9

**Торосян Г.О.**

(Национальный политехнический университет Армении)

## **ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ И УГЛЕВОДОРОДНЫХ ОТХОДОВ**

Бурый уголь является дешевым невостребованным энергетическим ресурсом, который практически не используется для выработки электроэнергии. Низкая калорийность бурого угля, от 2000–4000 ккал/кг, делает традиционные методы его использования для получения электроэнергии на электростанциях малоэффективными и экологически “грязными”, их можно считать также углеродным отходом].

Основными загрязнителями окружающей среды являются полимерные отходы, например, автомобильные шины.

В настоящем представлении сообщается о возможности использования углеродных и углеводородных отходов для получения углеводородов.

Несмотря на огромное количество работ по получению жидкого топлива из бурого угля, актуальной остается задача использования эффективных каталитических систем, обеспечивающих высокий выход продукта в сочетании с экологичностью процесса и упрощенной технологией. Аналогичное явление имеет место при осуществлении пиролиза твердых полимерных отходов.