



Бабиченко А. К.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗКИ ОТДЕЛЕНИЯ СИНТЕЗА ПРОИЗВОДСТВ АММИАКА

В статье представлены результаты разработки математической модели отделения синтеза, построение которой адаптировано к существующей информационной системе крупнотоннажных производств аммиака серии АМ-1360. Безградиентным методом выполнена минимизация изменяющихся статей энергозатрат, зависящих от расхода продувочного газа и определяющего в свою очередь содержание инертв в цикле синтеза.

Ключевые слова: производство аммиака, энергоёмкость, отделение синтеза, математическое моделирование, оптимизация.

1. Введение

Основное направление развития аммиачной индустрии связано со снижением себестоимости производства. Одной из тенденций такого снижения в течение всех последних десятилетий являлось укрупнение единичных мощностей агрегатов синтеза аммиака, что обусловлено возможностью уменьшения одной из основных составляющих себестоимости — капиталовложений в производство. Инициаторами создания крупнотоннажных агрегатов были такие фирмы как «M. W. Kellogg & Co» (США), «Haldor Topsøe A/S» (Дания), «Imperial Chemical Industries» (Великобритания) и др., осуществившие проектирование установок мощностью 184, 308, 462 и 527 тыс. т/год [1]. Анализ литературных данных [2] свидетельствует, что с повышением единичной мощности агрегатов синтеза аммиака на природном газе снижаются как удельные капиталовложения на 1 т. NH_3 так и расходные коэффициенты по воде, электроэнергии и природному газу. Поэтому не случайно в 2009 г. была проведена реконструкция на Черкасском ОАО «Азот» для повышения мощности с 450 до 502 тыс. т/год, что обеспечило снижение затрат природного газа с 1,25 до 1,1 тыс. $\text{м}^3/\text{т}$. NH_3 [3]. Однако после резкого скачка цен на энергоносители во всем мире значительно снизился интерес к строительству крупнотоннажных аммиачных производств. Сдерживающим фактором крупнотоннажности стала недостаточная гибкость таких агрегатов в условиях нестабильности рынка сбыта аммиака, что приводит к работе не на полную мощность и повышению себестоимости. Последнее также может быть вызвано высокими затратами при аварийных ситуациях и относительно длительным периодом пуска. Так при снижении степени использования мощности крупнотоннажных агрегатов с 95 до 85 и 75 % издержки производства аммиака увеличиваются на 7 и 16 % соответственно, а прибыль составляет 55 и 10 % соответственно ее размера при 95 %-й нагрузке мощности [2]. Несмотря на перечисленные недостатки крупнотоннажных производств большинством аммиачных фирм выбрана единичная мощность 1000 ÷ 1500 т/сутки, что позволяет снизить энергопотребление до 6,5 ÷ 7 Гкал/т. NH_3 [4].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Одним из базовых для азотной промышленности Украины являются девять крупнотоннажных агрегатов синтеза аммиака мощностью 1360 т/сутки (серия АМ-1360) с двухступенчатой схемой конденсации, построенных по проектам ГИАП (г. Москва) и фирмы ТЕС (Япония) по идеологии фирмы Kellogg. Для таких мощных и энергоёмких агрегатов даже незначительные изменения технологических параметров могут существенно влиять на энергетические показатели производства. Как свидетельствует опыт эксплуатации данных агрегатов одним из параметров, претерпевающим значительные изменения, является концентрация инертв (аргон, метан) в циркуляционном газе, идущем на синтез, диапазон колебаний которой составляет 12 ÷ 15 % об. Накопление инертв как известно [5], приводит к снижению производительности. Хотя инертные примеси частично растворяются в жидком конденсирующемся аммиаке, однако снижение их в циркуляционном газе за счет растворимости недостаточно, чтобы они не накапливались в системе. Поэтому осуществляется продувка после блока первичной конденсации. Расход продувочных газов, а следовательно и содержание инертв в значительной мере влияют на энергозатраты производства. Снижение этого расхода с одной стороны способствует увеличению содержания инертв, а, следовательно, и уменьшению расхода свежей азотодородной смеси (АВС) и энергозатрат на ее компрессию. С другой стороны увеличиваются затраты энергии на вторичную конденсацию и циркуляцию газовой смеси в отделении синтеза. По разным оценкам [6, 7] оптимальная концентрация инертных газов в цикле синтеза, устанавливаемая расходом продувочных газов и определяющая минимальные энергозатраты, составляет 11 ÷ 15 % об. и, зависит как от принятого уровня цен, так и особенностей технологического оформления агрегата. Поэтому разработка алгоритма для определения оптимального расхода продувочных газов и концентрации инертв в цикле синтеза в контексте решения общей проблемы снижения энергопотребления в производстве аммиака является актуальной задачей, решение которой наиболее эффективно может быть

реализовано с использованием математической модели отделения синтеза.

3. Математическое моделирование и оптимизация режимных параметров

В процессе построения математической модели использовался детерминистически-статистический подход, что обусловлено стохастичностью и нестационарностью протекающих каталитических, тепловых и массообменных процессов на участках отделения синтеза. Такой подход значительно проще в реализации особенно в условиях оснащения аммиачных агрегатов информационно-управляющими микропроцессорными комплексами TDC-3000, а алгоритм определения некоторых статистических зависимостей математического описания может быть легко адаптирован к целому классу такого рода объектов [8].

Энергоэффективность работы отделения синтеза характеризуется эксплуатационными энергетическими затратами электроэнергии, природного газа и обессоленной воды в блоках компрессии $C_{БК}$, первичной $C_{ПК}$ и вторичной $C_{ВК}$ конденсации, которые при существующей циркуляционной схеме взаимосвязаны между собой. Изменение энергозатрат обусловлено зависимостью их от эффективности тепло- и массообменных процессов на стадии первичной конденсации, в частности от таких факторов как расход продувочных газов $V_{П}$, что определяет содержание инертных в входе колонны синтеза $I_{С}^{ВХ}$, и температура первичной конденсации $t_{ПК}$, влияющая на растворимость инертных. Поэтому в качестве целевой функции оптимизации выбрана изменяющаяся часть этих затрат C_0 (грн/час) в перечисленных выше блоках:

$$C_0 = C_{БК} + C_{ПК} + C_{ВК}. \quad (1)$$

Изменяющаяся часть энергетических затрат по блокам определяется следующими уравнениями:

$$C_{БК} = B_{ПГ} (V_{ПГ}^A + V_{ПГ}^{СЖ} - \Delta V_{ПГ}^{СЖ}) + B_{В} M_{В}; \quad (2)$$

$$C_{ПК} = B_{Э} E_{ПК}; \quad (3)$$

$$C_{ВК} = B_{Э} E_{ВК}, \quad (4)$$

где $B_{Э}$, $B_{ПГ}$, $B_{В}$ — стоимость соответственно электроэнергии, природного газа и обессоленной воды, грн; $V_{ПГ}^A$, $V_{ПГ}^{СЖ}$ — расходы соответственно природного газа на агрегат для получения свежей азотоводородной смеси (АВС) и на сжигание во вспомогательном паровом котле для получения пара на привод турбины, $\text{нм}^3/\text{ч}$; $\Delta V_{ПГ}^{СЖ}$ — снижение расхода природного газа за счет сжигания танковых и продувочных газов (ТПГ) в печи риформинга, $\text{нм}^3/\text{ч}$; $E_{ПК}$, $E_{ВК}$ — расход электроэнергии на охлаждение циркуляционного газа в блоках первичной и вторичной конденсации, $\text{кВт} \cdot \text{ч}$; $M_{В}$ — расход обессоленной воды во вспомогательный паровой котел, т/ч.

Изменение затрат $C_{БК}$ от расхода $V_{ПГ}^A$ вызвано зависимостью его от расхода свежей АВС V_A . Последний определяет мощность сжатия $N_{КСТ}$ (кВт) 4-х ступенчатого компрессора этой АВС и зависит в свою очередь в условиях постоянства производительности колонны синтеза G_C ($\text{нм}^3/\text{ч}$) от расхода продувочных газов $V_{П}$ и температуры $t_{ПК}$, что и подтверждается уравнениями [6]:

$$V_{ПГ}^A = k V_A; \quad (5)$$

$$V_A = 2,03 G_C + V_{ПК}^P + V_{ВК}^P + \frac{V_{П} [100 + a_{(\text{NH}_3)_{ПК}}]}{100}; \quad (6)$$

$$N_{КСТ} = \sum_{i=1}^4 V_A \rho_A \Delta i_{Ai}, \quad (7)$$

где k — расходный коэффициент агрегата по природному газу для получения свежей АВС; $V_{ПК}^P$, $V_{ВК}^P$ — количество растворенных газов в жидком аммиаке в блоках первичной и вторичной конденсации, зависящее от температуры и давления конденсации, $\text{нм}^3/\text{ч}$; $a_{(\text{NH}_3)_{ПК}}$ — концентрация аммиака в циркуляционном газе на выходе блока первичной конденсации, % об.; ρ_A — плотность свежей АВС, $\text{кг}/\text{нм}^3$; Δi_{Ai} — разность энтальпий свежей АВС на входе и выходе соответствующих секций компрессора, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Расход природного газа на сжигание $V_{ПГ}^{СЖ}$ во вспомогательный паровой котел определяется разностью $\Delta M_{ПГ}^{КТ}$ ($\text{кг}/\text{ч}$) общего расхода водяного пара $M_{ПГ}^{ВХ}$ ($\text{кг}/\text{ч}$) на турбину, обеспечивающего требуемую мощность сжатия пятью секциями компрессора циркуляционного газа ($N_{ПК}$) и свежей АВС ($N_{КСТ}$), и основного расхода с котлов — утилизаторов отделения риформинга $M_{ПГ}^{УТ}$ ($\text{кг}/\text{ч}$) по формулам [9]:

$$V_{ПГ}^{СЖ} = \gamma \Delta M_{ПГ}^{КТ}; \quad (8)$$

$$\Delta M_{ПГ}^{КТ} = M_{ПГ}^{ВХ} - M_{ПГ}^{УТ}; \quad (9)$$

$$M_{ПГ}^{ВХ} = v (N_{ПК} + N_{КСТ}) / \eta_{К}; \quad (10)$$

$$N_{ПК} = V_{ПГ}^{ВХ} \rho_{ПГ} (i_{ПГ}^{ВВХ} - i_{ПГ}^{ВХ}), \quad (11)$$

где $\gamma = (i_{ПГ}^{ВХ} - i_{В}) / \eta_{КТ} Q_{ПГ}^P$ — расходный коэффициент вспомогательного парового котла по природному газу, $\text{нм}^3/\text{т}$; $i_{ПГ}^{ВХ}$, $i_{В}$ — энтальпия соответственно пара на выходе и обессоленной воды на входе котла, $\text{кДж}/\text{кг}$; $\eta_{КТ} = 0,9$ — коэффициент полезного действия котла; $Q_{ПГ}^P = 36 \text{ МДж}/\text{м}^3$ — теплотворная способность природного газа; v — расходный коэффициент турбины по пару, $\text{кг}/\text{кВт}$; $\eta_{К}$ — коэффициент полезного действия (механической) компрессора; $V_{ПГ}^{ВХ}$ — расход циркуляционного газа на входе циркуляционной ступени компрессора, $\text{нм}^3/\text{ч}$; $\rho_{ПГ}$ — плотность циркуляционного газа, $\text{кг}/\text{нм}^3$; $i_{ПГ}^{ВВХ}$, $i_{ПГ}^{ВХ}$ — энтальпия циркуляционного газа на выходе и входе компрессора, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Расчет снижения расхода природного газа $\Delta V_{ПГ}^{СЖ}$ за счет утилизации ТПГ путем сжигания осуществляется по уравнениям:

$$\Delta V_{ПГ}^{СЖ} = Q_{ТПГ} / Q_{ПГ}^P; \quad (12)$$

$$Q_{ТПГ} = V_{\text{H}_2} Q_{\text{H}_2}^P + V_{\text{CH}_4} Q_{\text{CH}_4}^P, \quad (13)$$

где $Q_{ТПГ}$ — общая теплота сжигания ТПГ, $\text{кДж}/\text{ч}$; $Q_{\text{H}_2}^P$, $Q_{\text{CH}_4}^P$ — теплотворная способность водорода и метана, $\text{кДж}/\text{м}^3$; V_{H_2} , V_{CH_4} — расход водорода и метана в ТПГ, $\text{нм}^3/\text{ч}$.

Расход электроэнергии в блоках конденсации $E_{ПК}$ и $E_{ВК}$ зависит от расхода циркуляционного газа и разницы температур на входе и выходе систем охлаждения и определяется выражениями:

$$E_{ПК} = K_{ПК} Q_{ПК}; \quad (14)$$

$$E_{\text{BK}} = K_{\text{BK}} Q_{\text{BK}}, \quad (15)$$

где $K_{\text{ПК}} = E_{\text{ПК}}^{\text{MAX}} / Q_{\text{ПК}}^{\text{MAX}}$ — расходный коэффициент по электроэнергии при максимальной холодильной энергии $Q_{\text{ПК}}^{\text{MAX}}$ блока первичной конденсации; $K_{\text{БК}} = E_{\text{БК}}^{\text{MAX}} / Q_{\text{БК}}^{\text{MAX}}$ — расходный коэффициент по электроэнергии при максимальной холодильной энергии $Q_{\text{БК}}^{\text{MAX}}$ блока вторичной конденсации; $Q_{\text{ПК}}$, $Q_{\text{БК}}$ — генерируемая холодильная энергия блоками первичной и вторичной конденсации, кВт · ч.

Расчет составляющих энергетических эксплуатационных затрат (C) осуществлялся по результатам математического моделирования отделения синтеза. Построение модели выполнено с учетом специфики технологического оформления агрегатов по проекту ГИАП серии АМ-70 и применением, как указывалось выше, детерминистическо-статистического подхода, изложенного в работе [10]. Определение минимума целевой функции C_0 выполнялось с учетом ряда ограничений, наиболее характерных для промышленных условий эксплуатации: средняя температура синтеза — 465 °С; объемное отношение водорода к азоту в газе на синтез — 3; температура вторичной конденсации (регламентная) — 0 °С; температура газа на входе блока первичной конденсации — 55 °С; перепад давления в колонне синтеза — 0,85 МПа; перепад давления в циркуляционной секции компрессора — 1,5 МПа; содержание инертных в свежей АВС — 0,008 об. дол.; производительность колонны синтеза — 55,625 т/ч; температура первичной конденсации — 30 °С. Стоимость энергозатрат природного газа, электроэнергии и обессоленной воды в процессе расчетов принималась соответственно 1780 грн/тыс. м³, 490 грн/тыс. кВт · ч и 11,23 грн/т. При таких ограничениях функция $C_0 = f(V_{\text{П}})$ является однофакторной и определение ее экстремума можно выполнить с использованием безградиентного метода «золотого сечения». На рис. 1 представлены обобщающие результаты моделирования и поиска экстремума функции C_0 .

Как видно из рис. 1 с увеличением расхода продувочных газов $V_{\text{П}}$ уменьшается содержание инертных $I_{\text{С}}^{\text{BK}}$ (рис. 1, а) на входе колонны синтеза, что обеспечивает снижение расхода циркуляционного газа и тепловую нагрузку на блоки первичной $Q_{\text{ПК}}$ и вторичной $Q_{\text{БК}}$ конденсации, а следовательно и эксплуатационных затрат $C_{\text{ПК}}$ и $C_{\text{БК}}$ (рис. 1, б, в, кривая 2) по электроэнергии в этих блоках.

Наличие минимума общих эксплуатационных энергозатрат C_0 на уровне 121,278 тыс. грн/ч (рис. 1, д, кривая 2) при $V_{\text{П}} = 1,375$ нм³/с и $I_{\text{С}}^{\text{BK}} = 13,5$ % об. объясняется особенностями влияния расхода $V_{\text{П}}$ на энергозатраты блока компрессии $C_{\text{БК}}$ (рис. 1, з). Так с повышением расхода $V_{\text{П}}$, согласно уравнений (5–7), увеличивается расход $V_{\text{А}}$ свежей АВС и природного газа $V_{\text{ПГ}}^{\text{А}}$ на агрегат, а следовательно мощность сжатия $N_{\text{КСГ}}$ свежей АВС, что вызывает необходимость увеличения расхода природного газа $V_{\text{ПГ}}^{\text{СЖ}}$ на сжигание и обессоленной воды $M_{\text{В}}$ во вспомогательный паровой котел. Однако, при этом происходит, согласно уравнениям (12, 13), снижение расхода природного газа на сжигание на величину $\Delta V_{\text{ПГ}}^{\text{СЖ}}$ в печи первичного риформинга, а также расхода природного газа $V_{\text{ПГ}}^{\text{СЖ}}$ и обессоленной воды $M_{\text{В}}$ во вспомогательный паровой котел за счет снижения мощности сжатия $N_{\text{ЦК}}$ циркуляционной ступени компрессора, что подтверждается уравнениями (8–11).

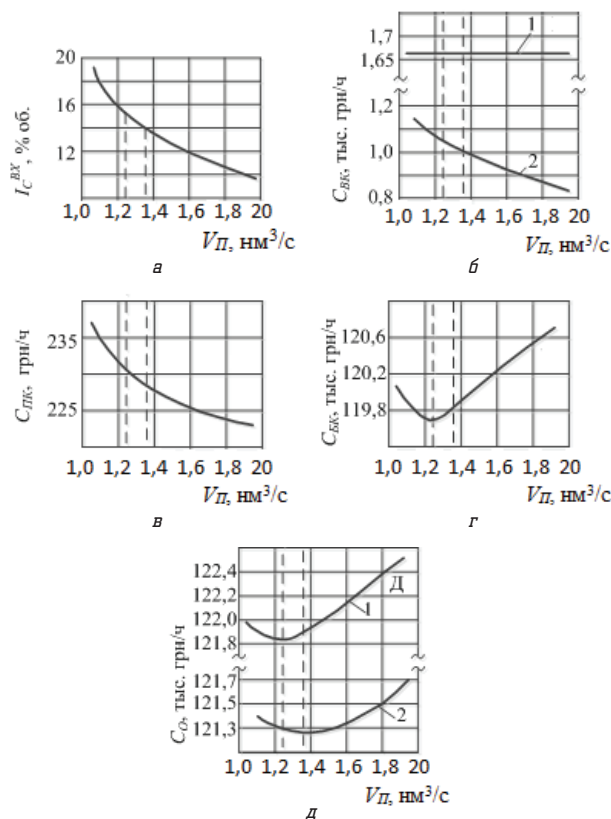


Рис. 1. Зависимости эксплуатационных энергозатрат агрегата синтеза: а — содержание инертных $I_{\text{С}}^{\text{BK}}$; б — эксплуатационных затрат первичной конденсации $C_{\text{ПК}}$; в — эксплуатационных затрат вторичной конденсации $C_{\text{БК}}$; г — энергозатрат блока компрессии СБК; д — общих эксплуатационных энергозатрат C_0 от расхода продувочных газов при существующем в диапазоне 50 ÷ 100 % (1) и необходимом в диапазоне 0 ÷ 100 % (2) способами изменения холодопроизводительности АТК на участке вторичной конденсации

Анализ полученных зависимостей выявил недостаток существующего способа регулирования холодопроизводительности аммиачного турбокомпрессорного холодильного агрегата (АТК), применяемого наряду с двумя абсорбционно-холодильными установками в блоке вторичной конденсации и обеспечивающего ее изменение лишь в диапазоне от 50 до 100 %. При таком способе наблюдается не только перерасход электроэнергии почти на 600 грн/ч, но и смещение экстремума функции C_0 до уровня 121,868 тыс. грн/ч (рис. 1, а, кривая 1) в сторону уменьшения расхода $V_{\text{П}}$ до 1,237 нм³/с, что приводит к увеличению содержания инертных $I_{\text{С}}^{\text{BK}}$ до 15 % об., снижению эффективного давления азота и водорода в газе на колонну синтеза, а следовательно, и скорости реакции образования аммиака. Поэтому использование такого энергоемкого холодильного агрегата (4 тыс. кВт · ч) как АТК да еще в таком исполнении вообще нецелесообразно.

В ходе эксплуатации отделения синтеза из-за применения аппаратов воздушного охлаждения температура первичной конденсации изменяется в довольно широком диапазоне 25 ÷ 38 °С. Это приводит к изменению растворимости инертных в жидком аммиаке, а значит и содержания их в цикле синтеза, что вызывает очевидно и смещение оптимальной величины расхода продувочных газов. В связи с этим методом математического моделирования отделения синтеза исследовалась

параметрическая чувствительность векторов нагрузки по продувочному ($V_{\text{П}}$), природному на агрегат ($V_{\text{ПГ}}^{\text{А}}$) газу и свежей АВС ($V_{\text{А}}$) к вектору температуры первичной конденсации, уровень которой, как оказалось, сравнительно небольшой и составил соответственно $16 \text{ (нм}^3/\text{ч)/C}^\circ$, $6 \text{ (нм}^3/\text{ч)/C}^\circ$ и $13,4 \text{ (нм}^3/\text{ч)/C}^\circ$. В перерасчете по уравнениям (12, 13) на природный газ величина вектора чувствительности $V_{\text{П}}$, идущего на сжигание, также составляет $6 \text{ (нм}^3/\text{ч)/C}^\circ$, что свидетельствует о независимости режимных параметров нагрузки $V_{\text{ПГ}}^{\text{А}}$ и практически $V_{\text{А}}$ от температуры первичной конденсации, а согласно формулы (2) и составляющей энергозатрат $V_{\text{ПГ}}^{\text{А}}(V_{\text{ПГ}}^{\text{А}} - \Delta V_{\text{ПГ}}^{\text{СЖ}})$ для $C_{\text{БК}}$. Исходя из чего можно сделать заключение о целесообразности выбора в качестве параметра оптимизации концентрации инерттов — как параметра независимого от температуры конденсации.

4. Выводы

1. Проанализирован характер изменений основных параметров отделения синтеза промышленных агрегатов, в частности концентрации инерттов в цикле, позволивший установить резерв снижения переменных статей энергозатрат (расход природного газа, воды и электроэнергии) — как целевой функции оптимизации, зависящей от расхода продувочных газов.

2. Разработана математическая модель отделения синтеза с применением детерминистическо-статистического подхода, построение которой адаптировано к существующей информационной системе промышленных агрегатов серии АМ-1360.

3. Методом математического моделирования исследована параметрическая чувствительность векторов нагрузки по продувочному газу и свежей азотородной смеси к вектору температуры конденсации, что позволило сделать заключение о целесообразности выбора в качестве параметра оптимизации концентрации инерттов — как параметра независимого от температуры конденсации.

4. Безградиентным методом выполнена минимизация целевой функции при ограничениях характерных для промышленных условий эксплуатации, и показано, что отклонение концентрации инерттов на входе колонны синтеза даже на 1 % от оптимальной повышает эксплуатационные энергозатраты более чем на 600 тыс. грн. в год.

5. Установлено, что существующий способ регулирования холодопроизводительности АТК лишь в пределах $50 \div 100$ % влияет на смещение экстремума целевой функции в сторону увеличения содержания инерттов с 13,5 до 15 % об. и, приводит к перерасходу эксплуатационных расходов по электроэнергии на 600 грн/ч, т. е. более чем на 2 млн. грн. в год.

6. Представленная методика разработки модели и алгоритма оптимизации может быть легко адаптирована и для других агрегатов синтеза с учетом особенностей технологического оформления систем компрессии, конденсации, а также утилизации продувочных и танковых газов.

Литература

1. Кадыгроб, Л. А. Современное состояние и перспективы развития производства аммиака и метанола [Текст] / Л. А. Ка-

дыгроб // Химическая технология. — Киев: Наукова думка, 1985. — № 3. — С. 3–7.

- Гамбург, Д. Ю. Синтез аммиака: история и современность [Текст] / Д. Ю. Гамбург // Химическая промышленность. — М.: Минхимпром, 1992. — № 6. — С. 31–37.
- Ковеня, Т. В. Аналіз роботи підприємств хімічного комплексу України у 2010 р. [Текст] / Т. В. Ковеня // Хімічна промисловість України. — Київ: АТ «ВНДІХІМПРОЕКТ», 2010. — № 3. — С. 3–18.
- Глікін, М. А. Виробництво аміаку: еволюція, стан, перспективи [Текст] / М. А. Глікін, О. П. Мітронов, Г. В. Черепанова, Л. М. Савицька // Хімічна промисловість України. — Київ: АТ «ВНДІХІМПРОЕКТ», 1998. — № 2. — С. 52–57.
- Челобова, С. П. К вопросу повышения давления в системах синтеза аммиака до 500 ат [Текст] / С. П. Челобова, Т. П. Аксельрод, В. Н. Гаганова // Азотная и кислородная промышленность: Информационный бюллетень ГИАП. — М.: ГИАП. — 1964. — № 4. — С. 12–16.
- Кузнецов, Л. Д. Синтез аммиака [Текст] / Л. Д. Кузнецов, А. М. Дмитренко, П. Д. Рабина, Ю. А. Соколинский; под ред. Л. Д. Кузнецова. — М.: Химия, 1982. — 296 с.
- Бритина, Г. А. Синтез аммиака [Текст] / Г. А. Бритина // Химическая промышленность. — М.: Минхимпром, 1973. — № 3. — С. 50–52.
- Грубов, В. И. Математическое моделирование непрерывных технологических процессов [Текст] / В. И. Грубов. — Киев: Изд-во Киевского ун-та, 1971. — 175 с.
- Бабіченко, А. К. Дослідження експлуатаційних показників ефективності роботи відцентрового трикорпусного компресора з приводом від парової турбіни великотонажного агрегата синтезу аміаку [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2008. — № 1/3(31). — С. 3–4.
- Бабіченко, А. К. Вплив температури первичної конденсації на ефективність експлуатації великотонажних агрегатів синтезу аміаку [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2008. — № 3/4(33). — С. 23–27.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ НАВАНТАЖЕННЯ ВІДДІЛЕННЯ СИНТЕЗУ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ

У статті представлені результати розробки математичної моделі відділення синтезу, побудова якої адаптована до існуючої інформаційної системи великотонажних виробництв аміаку серії АМ-1360. Безградиентним методом виконана мінімізація змінних статей енергозатрат, що залежать від витрати продувочного газу, який визначає в свою чергу вміст інертів в циклі синтезу.

Ключові слова: виробництво аміаку, енергоємність, відділення синтезу, математичне моделювання, оптимізація.

Бабіченко Анатолій Константинович, кандидат технічних наук, професор, кафедра автоматизації хіміко-технологічних систем та екологічного моніторингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: svetkrasnikova@yandex.ua.

Бабіченко Анатолій Костянтинівич, кандидат технічних наук, професор, кафедра автоматизації хіміко-технологічних систем та екологічного моніторингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.

Babichenko Anatoliy, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: svetkrasnikova@yandex.ua