

66  
Т 88

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С.М. Кирова

На правах рукописи

ТУРКО МИХАИЛ РОМАНОВИЧ

УДК 66.099.2./621.979/.012.4+658.562.018

66.099.2+661.832

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ С ПОВЫШЕНИЕМ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛКОВЫХ ПРЕССОВ И УЛУЧШЕНИЕМ  
КАЧЕСТВА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

05.17.01 -

Технология неорганических веществ

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск - 1987

66  
Т 88

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С. М. Кирова

На правах рукописи

ТУРКО МИХАИЛ РОМАНОВИЧ

УДК 66.099.2.:/621.979/.012.4+658.562.018

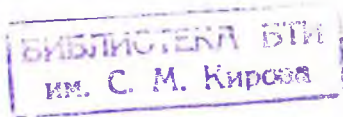
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ГРАНУЛИРОВАНИЯ С ПОВЫШЕНИЕМ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛКОВЫХ ПРЕССОВ И УЛУЧШЕНИЕМ  
КАЧЕСТВА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

05.17.01 -

Технология неорганических веществ

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск - 1987



Работа выполнена в Белорусском филиале Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института галургии.

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Воробьев Н.И.
Официальные оппоненты	доктор химических наук, профессор Александрович Х.М. кандидат технических наук, доцент Тетеревков А.И.
Ведущее предприятие	Производственное объединение "Уралкалий"

Защита состоится 1 декабря 1987г. в 14 час. на заседании специализированного Совета К.056.01.03 при Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им.С.М.Кирова по адресу: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, д.13а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан 27 октября 1987г.

Ученый секретарь  
специализированного совета

*Е.Д. Дзюба*

Дзюба Е. Д.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Производство калийных удобрений в стране развивается ускоренными темпами. Если в 1985 г. их было произведено 10366,7 тыс.т в 100%  $K_2O$ , то в 1990 г. ожидается выпуск 12395,0 тыс.т, в том числе в Белоруссии 5993,0 тыс.т.

Решениями XXV съезда КПСС и Продовольственной программой СССР на 1981–1985 гг. и на период до 1990 г. предусмотрено, начиная с 1988 г., поставлять сельскому хозяйству калийные удобрения только в гранулированном или крупнокристаллическом виде, пригодном для бестарной перевозки, хранения и сухого тукосмешения.

Применение гранулированных и крупнокристаллических минеральных удобрений позволяет получить значительный экономический эффект в сельском хозяйстве за счет снижения потерь при транспортировке и хранении, повышения равномерности внесения удобрений в почву, возможности широкого использования средств механизации, лучшего усвоения удобрений растениями.

Для получения гранулированных калийных удобрений наибольшее распространение получил метод непрерывного прессования мелкозернистых материалов с последующим дроблением плитки и классификацией дробленого продукта.

Однако существующая технология производства гранулированного хлористого калия на отечественных предприятиях имеет ряд существенных недостатков: выход спрессованной плитки не превышает 30 – 35%, а производительность грануляционных установок в целом составляет 55 – 60 т/ч; товарный продукт, полученный в виде гранул неправильной формы, отличается невысокими прочностными свойствами, низкой влагостойкостью, подвержен разрушению и сегрегации в процессе внутризаводской транспортировки и хранения на складе, что приводит к повышению его пылимости и слеживаемости; не отработаны режимы дробления спрессованной плитки и классификации гранул. Отсутствуют технология и оборудование для кондиционирования гранул и разделения ретур, а также методы расчета замкнутых ретурных схем грануляции калийных порошков.

Постановка комплексных исследований по определению основных закономерностей прессования калийных удобрений, разработке способов повышения производительности валковых прессов, метода расчета замкнутых ретурных схем грануляционных установок, способов

повышения качества калийных удобрений и внедрению новых промышленных технологий представляет теоретический и практический интерес и является актуальной задачей.

Цель работы. Основной целью работы является исследование закономерностей прессования калийных солей, разработка и внедрение способов повышения производительности валковых прессов и грануляционных установок и улучшения качества калийных удобрений.

Научная новизна. Научная новизна выполненной работы заключается в установлении качественных и количественных зависимостей выхода, толщины и плотности спрессованной плитки от физико-механических свойств прессуемых порошков хлористого калия и условий прессования на валковых прессах с гладкой и профилированной поверхностью; математическом описании и разработке методов расчета материальных потоков замкнутых схем грануляции калийных удобрений и процессов механического кондиционирования гранул и разделения ретур.

Практическая ценность и реализация результатов. Результаты исследований использованы при проектировании отделений грануляции и освоении технологии и проектных мощностей производства высококачественного гранулированного хлористого калия на Втором, Третьем и Четвертом рудоуправлениях ПО "Белорускалий"; разработке требований на создание высокопроизводительного валкового пресса нового поколения с рифленой поверхностью, исходных данных на проектирование опытно-промышленных установок по кондиционированию гранул и разделению ретур с получением крупнокристаллического хлористого калия на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий". Фактический экономический эффект от внедрения разработок на ПО "Белорускалий" за период 1979-1984 гг. составил 1759,8 тыс.руб. Ожидаемый экономический эффект от внедрения валковых прессов с проточной рифленой поверхностью на ПО "Уралкалий" составляет 422,6 тыс.руб., а от внедрения технологии и оборудования для производства обеспыленного хлористого калия методом классификации ретур гранустановок на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий" - 633,7 тыс.руб.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на I-м Всесоюзном совещании "Современная техника гра-

нулирования и капсулирования удобрений". Москва, НИИУИЗ, 1979; на II-ом Всесоюзном научно-техническом совещании "Пути совершенствования, интенсификации и повышения надежности аппаратов в основной химии", Сумы, 1982; на II-м Всесоюзном совещании "Современная техника гранулирования и капсулирования удобрений", Москва, 1983; на отраслевой научно-технической конференции "Пути дальнейшей интенсификации и повышения эффективности производства калийных удобрений", Пермь, 1985.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 12 статей, получено три авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы (199 наименований) и приложений; изложена на 235 страницах машинописного текста, содержит 25 таблиц и 57 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### I. Современное состояние теории и практики гранулирования минеральных удобрений

Анализ и обобщение литературных и патентных материалов по грануляции минеральных солей методом прессования показывает, что основной тенденцией совершенствования и развития метода является повышение единичной производительности валковых прессов и грануляционных установок, а также качества спрессованной плитки и гранул. Повышение производительности валковых прессов достигается за счет предварительного уплотнения порошковых материалов; регулирования физико-механических свойств исходных порошков путем изменения их гранулометрического состава, влажности, температуры, использования связующих добавок; улучшения условий удаления воздуха из зоны прессования; применения валков с профилированной поверхностью; выбора оптимальных значений давления прессования и скорости вращения валков и др. Однако указанные сведения для условий прессования порошков калийных удобрений носят отрывочный и несистематизированный характер. Практически отсутствуют данные

по влиянию физико-механических свойств хлористого калия на толщину, плотность и выход плитки при различных условиях прессования.

Улучшение прочности спрессованной плитки и гранул достигают предварительной подготовкой порошковых материалов перед прессованием путем их термообработки, регулирования реологических свойств (сыпучести, коэффициента внешнего и внутреннего трения, адгезионных свойств и др.); применением добавок и связующих веществ. Для повышения прочности, устранения пыльности и слеживаемости гранулированных удобрений применяют способы физического и механического кондиционирования гранул, сочетание указанных способов, а также соответствующую аппаратуру для осуществления этих процессов. Однако для условий получения гранулированного хлористого калия процессы механического кондиционирования изучены явно недостаточно.

Сравнительный анализ технологических схем гранулирования калийных удобрений на отечественных и зарубежных предприятиях показывает, что отечественные грануляционные установки отличаются меньшей эксплуатационной надежностью, имеют более низкие технологические показатели. Отсутствуют такие важные операции как подгрев ретурна и кондиционирование гранул, используются низкопроизводительные прессы с гладкими валками и низкой энерговооруженностью.

Кроме того, не отработаны процессы дробления спрессованной плитки и классификации гранул, не изучен температурный режим работы грануляционных установок. Отсутствие методики по расчету материального баланса не позволяет эффективно выполнять анализ действующих и разрабатывать прогрессивные схемы для вновь строящихся установок.

Таким образом, для решения проблемы повышения производительности валковых прессов и грануляционных установок, улучшения качества гранулированных удобрений необходимо исследовать качественные и количественные закономерности процесса прессования порошкового хлористого калия с различными физико-механическими свойствами, определить гидродинамические режимы прессования на валках с гладкой и профилированной поверхностью, установить эффективные режимы дробления и классификации гранул, разработать методы расчета материальных потоков ретурных грануляционных установок.

выполнить анализ разрушаемости гранулированного продукта при складировании и погрузке и разработать технологию и оборудование для кондиционирования гранул и разделения ретурра, что и составляет цели и задачи настоящей работы.

2. Основы расчета замкнутых технологических схем гранулирования калийных удобрений

Структурная схема замкнутого ретурного процесса грануляции методом прессования приведена на рис.1, а. Для расчета материальных потоков грануляционной установки выведена система уравнений:

$$Q_{плт} = R_{пл} h_{пл} W_B R B ; \quad (1)$$

$$Q_{пл.} = R_{пл} h_{пл} \delta_{пл} W_B R B ; \quad (2)$$

$$Q_{кр.} = Q_{пл.} \frac{1 - E_{вс} (1 - \beta_{кр})}{E_{вс} (1 - \beta_{кр})} ; \quad (3)$$

$$Q_{кл.} = \frac{Q_{пл.}}{E_{вс} (1 - \beta_{кр})} ; \quad (4)$$

$$Q_{м.} = Q_{пл.} E_{нс} \lambda ; \quad (5)$$

$$Q_{гр.} = Q_{пл.} (1 - E_{нс} \lambda) , \quad (6)$$

где  $Q_{плт}, Q_{пл.}, Q_{кл.}, Q_{кр.}, Q_{м.}, Q_{гр.}$  - потоки грануляционной установки, соответственно, по питанию прессования; плитке; питанию, крупному и мелкому продукту классификации; грануляту;

$R_{пл}, h_{пл}, \delta_{пл}$  - соответственно, плотность, толщина и выход плитки;

$E_{вс}, E_{нс}$  - эффективность классификации по верхнему и нижнему ситам;

$\beta_{кр}, \beta_{м}, \beta_{гр}$  - соответственно, содержание крупного, мелкого и товарного продуктов в питании классификации;

$W_B, R, B$  - соответственно, угловая скорость вращения, радиус, общая длина валков.

Коэффициент  $\lambda = \frac{R_{м.}}{R_{м.} + R_{гр.}}$  характеризует процесс дробления плитки, причем снижение коэффициента  $\lambda$  приводит к увеличению производительности установки по грануляту  $Q_{гр.}$ . Основными параметрами, определяющими производительность валковых прессов по плитке  $Q_{пл.}$ , являются толщина  $h_{пл}$ , плотность  $R_{пл}$  и выход  $\delta_{пл}$  плитки при прессовании, а также скорость вращения валков  $W_B$  при

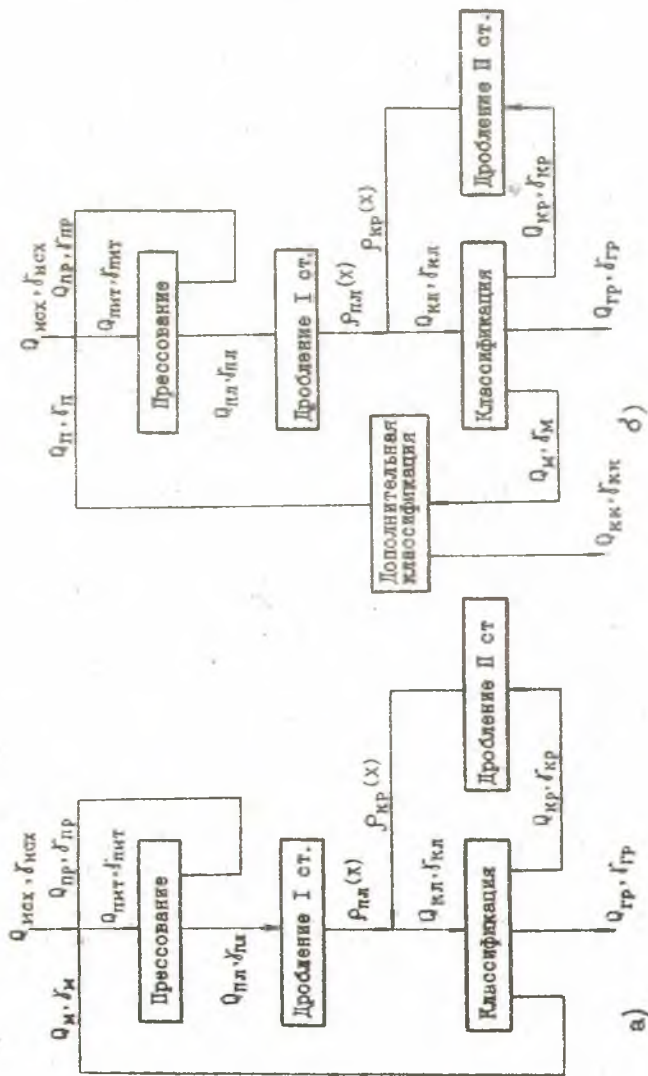


Рис. 1. Структурная схема грануляционной установки при производстве гранулированных (а) и обеспыленных крупнокристаллических (б) калийных удобрений.



заданных его геометрических размерах: радиусе  $R$  и общей длине  $B$ .  
Содержание мелкого продукта в готовом грануляте  $\eta$  вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{I - E_{\text{жс}}}{\frac{I}{\alpha} - E_{\text{нс}}} \quad (7)$$

Для получения гранулята с минимальным содержанием мелких фракций необходимо повышать эффективность классификации виброгрохотов  $E_{\text{нс}}$  и снижать коэффициент  $\alpha$ .

Аналитическим путем показано, что изменение в процессе работы установки режима дробления автоматически переводит установку в другой (соответствующий новым показателям  $\beta_{\text{м}}, \beta_{\text{гр}}, \beta_{\text{кр}}$ ) режим.

С целью организации производства наряду с гранулированным обеспыленным крупнокристаллического КСИ предложена технология с классификацией ретур грануляторов и возвратом пылевых фракций на прессование (рис. 1, б) и методика расчета схемы. Количество обеспыленного крупнокристаллического продукта  $Q_{\text{кк}}$  и пыли  $Q_{\text{п}}$  определяется по формулам:

$$Q_{\text{кк}} = Q_{\text{пл}} E_{\text{нс}} \alpha (I - K); \quad (8)$$

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{пл}} E_{\text{нс}} \alpha K, \quad (9)$$

где  $K = \int_0^{\chi_{\text{м}}} f_{\text{м}}(x) \Phi(x) dx$  - часть исходного продукта дополнительной классификации ретур, выносимая в виде пыли;

$\Phi(x)$  - функция фракционного разделения;

$\chi_{\text{м}}$  - верхняя граница мелкой фракции.

При этом общая производительность грануляционной установки  $Q$  рассчитывается по формуле:

$$Q = Q_{\text{гр}} + Q_{\text{кк}} = Q_{\text{пл}} (I - E_{\text{нс}} \alpha K). \quad (10)$$

Содержание пыли в обеспыленном крупнокристаллическом продукте  $\eta'$  определяется из уравнения:

$$\eta' = \frac{I}{I - K} \left[ \frac{\beta_{\text{п}}}{\beta_{\text{м}}} - \int_0^{\chi_{\text{п}}} f_{\text{м}}(x) \Phi(x) dx \right], \quad (11)$$

где  $\beta_{\text{п}} = \beta_{\text{м}} \int_0^{\chi_{\text{п}}} f_{\text{м}}(x) dx$  - содержание пыли в потоке дополнительной классификации;

$\chi_{\text{п}}$  - верхняя граница пылевой фракции.

Анализ уравнений (6) и (10) для расчета производительности грануляционных установок показывает, что количество товарного продукта при использовании схемы с классификацией ретур увеличивается в 1,3-1,5 раза.

Полученные уравнения использованы для расчета производительности опытных и промышленных валковых прессов, материальных потоков грануляционных установок. Их адекватность подтверждена опытными исследованиями, опытно-промышленными и промышленными испытаниями.

### 3. Исследование, разработка и внедрение эффективных способов повышения производительности грануляционных установок

Изучение физико-механических свойств мелкозернистых (мелкокристаллических) калийных удобрений показывает, что в зависимости от способа их получения они отличаются гранулометрическим составом, насыпной плотностью, коэффициентом внутреннего трения, содержанием остаточных реагентов и др.

Экспериментальные исследования для определения количественных и качественных показателей прессуемости различных сортов хлористого калия проводили на установке с опытным валковым прессом диаметром 0,2 м и длиной 0,1 м при давлении в гидросистеме Рг от 3 до 9 МПа и скорости вращения  $W_0$  валков 0,1 - 0,9 м/с. Учитывая актуальность и перспективность разработки технологии прессования с предварительной агломерацией пылевых фракций, в части опытов в качестве крупной фракции использовали агломераты, полученные из циклонной пыли с эквивалентным диаметром  $d_3 - 0,67$  мм.

Установлено, что повышение содержания пылевых фракций  $\beta_{0,1}$  в исходном материале приводит к снижению насыпной плотности  $\rho_n$  и повышению коэффициента уплотнения  $K_{упл}$ . Выход плитки при этом монотонно снижается, очевидно, как за счет уменьшения угла прессования (захвата), так и необходимости удаления значительного количества воздуха. Следовательно, и производительность валкового пресса, пропорциональная выходу плитки согласно (2), при этом снижается. При повышении крупности материала путем добавления агломератов или крупных зерен КСІ насыпная плотность вначале возрастает (максимум при 30 - 35% содержания крупных фракций), а затем снижается. Коэффициенты уплотнения материала вначале снижаются, а затем возрастают, что приводит к соответствующему изменению толщи-

ны и выхода плитки. Таким образом, толщина и прочность плитки, а также производительность валкового пресса достигают максимума при 30-35% -ном содержании крупной фракции  $\beta_{кр}$  (рис.2).

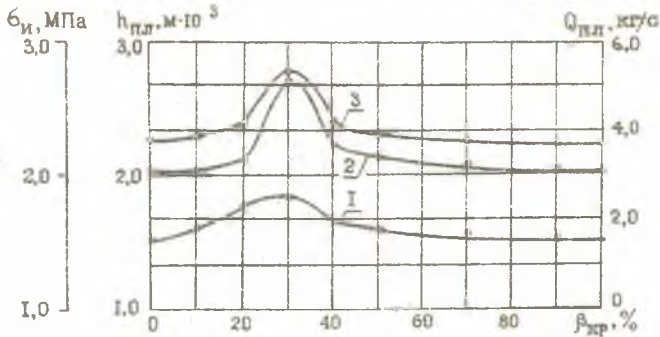


Рис.2. Зависимость толщины ( $h_{пл}, M \cdot 10^{-3}$ , кривая 1) прочности на излом ( $\sigma_{и}, МПа$ , кривая 2) и производительности пресса ( $Q_{пл}, кг/с$ , кривая 3) от содержания в питании пресса крупного зерна ( $\beta_{кр}, \%$ )

С увеличением температуры соли уменьшается трение между частицами и величина их упругих деформаций, увеличивается их пластичность, а это способствует когезионной активности прессуемых порошков, увеличению их межчастичного сцепления. С повышением температуры прессования  $t$  с 25 до 200°C прочность плитки  $\sigma_{и}$  возрастает по линейной зависимости в результате увеличения пластичности и уменьшения упругих деформаций прессуемой соли. Показано, что с повышением температуры заданную прочность плитки можно получить при меньшем давлении прессования. С ростом давления прессования плотность плитки возрастает, асимптотически приближаясь к некоторой предельной плотности монолита данного вещества, толщина плитки при этом снижается.

Изменение окружной скорости вращения валков практически линейно влияет на выход плитки, в то же время плотность плитки снижается по такой же зависимости.

Проведенный комплекс экспериментальных исследований на опытном валковом прессе подтвердил адекватность предложенных уравнений

для расчета производительности валковых прессов, позволил установить количественные и качественные зависимости толщины, плотности и выхода плитки от физико-механических свойств исходных калийных порошков, а также определить эффективные способы повышения производительности валковых прессов.

Влияние гранулометрического состава исходного хлористого калия на толщину, плотность и выход плитки исследовано в промышленных условиях на валковых прессах с гладкой поверхностью диаметром 0,9 м и шириной 1,2 м на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий". В результате математической обработки экспериментальных данных показано, что толщина, плотность и выход плитки в зависимости от содержания пылевых фракций  $\beta_{-0,1}$  удовлетворительно описываются эмпирическими уравнениями:

$$h_{пл} = 0,87817 + 0,00378 \beta_{-0,1}; \quad (12)$$

$$\rho_{пл} = 1,53152 - 0,00076 \beta_{-0,1}; \quad (13)$$

$$\gamma_{пл} = 49,60933 - 0,72962 \beta_{-0,1}. \quad (14)$$

Повышение давления в гидросистеме валковых прессов приводит к закономерному повышению плотности плитки и значительному увеличению ее выхода и, следовательно, к существенному повышению согласно (2) производительности пресса по плитке (рис.3).

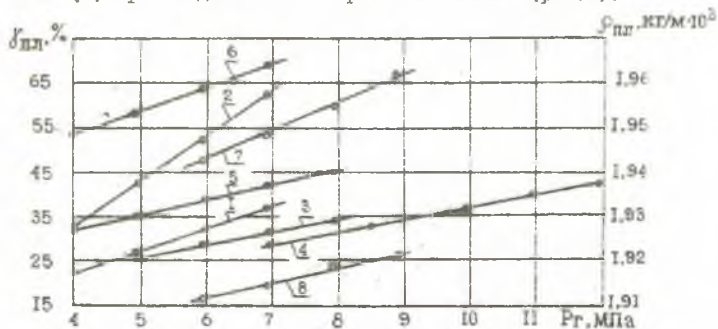


Рис.3. Зависимость выхода ( $\gamma_{пл}$ , %, кривая 1-5) и плотности ( $\rho_{пл}$ , кг/м<sup>3</sup>, кривая 6-8) от давления прессования ( $P_g$ , МПа): 1, 2 - СГРУ-2 при  $\beta_{-0,1}$ , соответственно 12 и 4%; 3, 4, 5 - СГРУ-4 при поверхности валков, соответственно, гладкой, с электронаплавкой и электроскоровым напылением; 6, 7, 8 - соответственно, СГРУ-2, СГРУ-3, СГРУ-4.

Результаты опытно-промышленных испытаний на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий" показали, что при увеличении в питании грануляции содержания остаточных аминов  $A_0$  с 19,8 до 159 г/т соли происходит снижение производительности грануляционной установки по готовому продукту, начиная с содержания около 60 г/т. При содержании амина более 100 г/т наблюдается существенное снижение производительности установки с 73 т/ч до 58 т/ч. Прослеживается также закономерность в постоянном уменьшении при этом прочности гранул на истирание и объясняется это тем, что гидрофобная пленка аминов препятствует проявлению сил молекулярного сплеления между кристаллами хлористого калия при их сжатии. Зависимость содержания остаточных аминов в питании прессования от содержания в нем пылевой фракции менее 0,1 мм  $\beta_{-0,1}$  определяется уравнением регрессии  $A_0 = 1,687 \beta_{-0,1} + 1,33497$ . Уменьшение содержания остаточных аминов в прессуемом материале достигается совершенствованием реагентного режима на флотации за счет сокращения расхода основного собирателя амина, а также внедрением операции выщелачивания флотоконцентрата для повышения качества калийных удобрений. В процессе выщелачивания  $MaCl$  из суспензии флотоконцентрата раствором, содержащим 5-6% KCl, происходит десорбция амина и переход его в жидкую фазу. Результаты промышленной проверки и внедрения режима флотации с применением жидких парафинов и процесса выщелачивания флотоконцентрата с получением высококачественного гранулированного KCl на Третьем рудоуправлении ПО "Белорускалий" показали, что за счет снижения содержания остаточных аминов с 81 до 37,4 г/т толщина плитки увеличилась с  $9,3 \cdot 10^{-3}$  до  $10,1 \cdot 10^{-3}$  м, производительность пресса по грануляту выросла с 15,1 до 17,8 т/ч, прочность гранул на истирание  $R_{\text{и}}$  повысилась на 4,5% (абс.).

Изучен температурный режим работы грануляционной установки и рассчитана требуемая температура соли на входе в установку  $t_{\text{исх}}$  (155-175°C) для достижения регламентной температуры в камере пресса  $t_{\text{ш}}$  не ниже 120°C. Установлена целесообразность возврата части ретурна на подогрев совместно с исходной солью, что позволяет снизить температуру соли в кипящем слое и обеспечить более устойчивый режим работы установки за счет выравнивания температур про-

дуктов, поступающих на прессование. В этом случае требуемая температура подогрева соли и ретурта для обеспечения заданной температуры в питании прессов рассчитывается по формуле:

$$t_{исх} = t_{из} + \frac{Q_{рет} \Delta t (1-K)}{Q_{исх} + K Q_{рет}}, \quad (15)$$

где  $Q_{исх}$ ,  $Q_{рет}$  - количество исходного продукта и ретурта;  
 $\Delta t$  - охлаждение ретурта при циркуляции в отделении грануляции;  
 $K$  - доля ретурта возвращаемого на подогрев, определяется отношением

$$K = \frac{Q_{возв}}{Q_{рет}}, \quad (16)$$

где  $Q_{возв}$  - количество ретурта возвращаемого на подогрев.

Для проверки способа повышения производительности валковых прессов за счет предварительного агломерирования пылевых фракций перед прессованием на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий" была смонтирована опытно-промышленная установка для обработки исходного хлористого калия раствором полиакриламида (ПАА). Результаты испытаний показали, что применение 0,25 - 0,75% раствора полиакриламида при его расходе 8,5 - 31,2 г/т позволяет повысить производительность пресса по плитке на 1,7 - 6,7%. Установлен наиболее эффективный расход ПАА (17,4 - 20,8 г/т исходной соли).

Эффективным способом повышения показателей прессования является применение валков с профилированной поверхностью. Испытания валкового пресса с ячеистой поверхностью (рис.4,а) на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий" показали возможность повышения выхода плитки на 5,1% по сравнению с гладковалковым. Более высокие результаты были получены на прессе с рифленной поверхностью зубчатой формы длиной 0,7 м (рис.4,б) на Третьем рудоуправлении ПО "Белорускалий": выход плитки составил 57,8 - 72,8%, толщина плитки возросла с  $7,8 \times 10^{-3}$  м до  $11,2 - 11,6 \times 10^{-3}$  м, а производительность пресса по плитке увеличилась с 25 - 30 т/ч до 50-53 т/ч.

На основании результатов опытных и опытно-промышленных испытаний рекомендована для внедрения в отделениях грануляции технология прессования на валках с рифленной поверхностью при давлении прессования 9 - 10 МПа и скорости вращения валков 1,1-1,2 м/с;

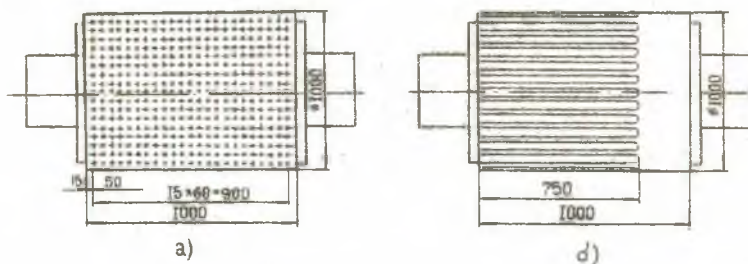


Рис. 4. Вид профилированной поверхности: а - ячеистой; б - рифленой.

температуре исходного продукта 155 - 175°С и в шахте пресса - 120 - 125° ; с возвратом части ретурна на подогрев и содержании остаточных аминов не более 60 г/т. Рекомендуемый гранулометрический состав пресуемой соли: содержание фракции менее 0,1 мм не более 3 - 4%; содержание крупных фракций размером 0,6 - 0,7 мм - 30 - 35%; эквивалентный диаметр частиц около 0,4 мм.

Наряду с процессом прессования исследованы режимы дробления плитки и классификации дробленого материала. Выполненный теоретический анализ показал, что повышение содержания товарной фракции  $\beta_{гр}$  в дробленом продукте перед классификацией при одновременном снижении содержания мелкого класса  $\beta_{м}$  позволяет существенно повысить производительность установок.

Показано, что для обеспечения проектной производительности гранустановок 55 - 60 т/ч коэффициент  $\alpha$ , характеризующий режим дробления и классификации гранул, должен быть не более 0,50-0,63, а отношение  $\frac{\beta_{гр}}{\beta_{м}}$  - не менее 0,6 - 1,0. В результате отработки режима процесса дробления плитки в ударно-отражательных дробилках за счет регулирования загрузочной и разгрузочной щели и скорости вращения ротора достигнуты значения величины  $\alpha = 0,33$ ,  $\frac{\beta_{гр}}{\beta_{м}} = 2,0$ . При эффективности классификации на виброгрохотах 86-91% обеспечен выпуск гранулированных калийных удобрений соответствующих требованиям потребителя.

Таким образом, внедрение рекомендуемых режимов прессования соли и дробления спрессованной плитки позволит повысить производительность установок с 55 - 60 т/ч до 65 - 70 т/ч с получением требуемого качества гранулированных удобрений.

#### 4. Исследование и разработка технологии кондиционирования гранул и классификации ретур грануляционных установок

Гранулированный хлористый калий, получаемый методом прессования и дробления плитки, производится в виде гранул неправильной формы с острыми углами и ребрами. Коэффициент формы гранул, определенный по методике Кржиной Н.И. и Попова Г.Н., составляет 2,0 - 2,3 в сравнении с 1,0 для сферической формы частиц. На поверхности гранул скапливается значительное количество адгезивно связанной пыли.

Изучена поверхность образцов гранул отечественных и зарубежных предприятий с помощью электронного микроскопа Super Mini 5em (фирма Акаси, Япония); установлено, что явление слеживаемости отечественных продуктов обусловлено наличием на поверхности гранул большого количества тонкодисперсных частиц KCl, отличающихся плохой окатанной формой и формирующих неплотную упаковку структуры гранулы. Экспериментальные исследования на Третьем рудоуправлении ПО "Белорускалий" показали, что в процессе внутризаводской транспортировки и складирования гранулы претерпевают значительное разрушение: содержание некондиционного класса менее 1 мм увеличивается до 16%; выход товарного класса снижается до 76%; происходит интенсивное образование пылевой фракции - 0,1 мм (являющейся наиболее гигроскопичной); из-за недостаточного перемешивания гранулята, при погрузке его на складе кратер-краном, происходит подача в вагон продукта с повышенным содержанием классов +4 или -1 мм. Это позволило сделать вывод о необходимости для повышения прочности, снижения пылимости и слеживаемости гранулированных удобрений осуществлять их кондиционирование в пневматических классификаторах.

На основании уравнения баланса гранул с учетом их истерiania и выноса пыли путем ряда математических выкладок получены выра-



зения для определения гранулометрического состава гранулята  $f(v)$  в пневмоклассификаторе. После нахождения функции  $f(v)$  гранулометрический состав продукта, выходящего из аппарата в единицу времени  $F(v)$ , гранулята, находящегося в аппарате  $\rho(v)$ , и гранулята, выдаваемого в единицу времени (пыли)  $\Phi(v)$ , можно определить по формулам:

$$F(v) = \frac{V_3}{V_a} f(v); \quad (17)$$

$$\rho(v) = \frac{I}{I-X(v)} f(v); \quad (18)$$

$$\Phi(v) = \frac{V_3}{V_a} \frac{I}{I-X(v)} f(v), \quad (19)$$

где  $V_3 = A \int_0^{\infty} v f(v) dv$  - объем продукта загружаемого в аппарат в единицу времени;

$V_a$  - объем продукта в аппарате.

Следовательно, при экспериментально найденных функциях разделения материала в аппарате по крупности  $X(v)$  и интенсивности истирания  $\beta(v)$  могут быть рассчитаны гранулометрические составы отшлифованных гранул и выносимой пыли.

Опытные исследования по механическому кондиционированию гранул проводили на установке с пневматическим классификатором площадью  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . При кондиционировании гранулята с увеличением скорости воздуха  $W$  выход фракции (-1 мм) и прочность гранул  $R_n$  возрастают, а содержание мелкой фракции в грануляте  $V$  и коэффициент формы  $\psi$  снижаются. Однако при скорости воздуха выше 3,5 м/с возрастает вынос товарной продукции +1 мм  $f_{кр}$  в пылевые фракции, что приводит к снижению производительности гранулоустановки. При увеличении времени пребывания материала в кипящем слое возрастает выход мелкой фракции -1 мм и прочность гранул, а содержание мелкой фракции в грануляте и коэффициент формы гранул снижаются. Основное уменьшение содержания мелких фракций в грануляте, повышение прочности гранул и снижение коэффициента формы происходит за время менее 4 мин. Это время, а также скорость воздуха 3,5 м/с положены в основу расчета промышленных установок по шлифовке и обеспиливанню гранул.

При разделении ретур в пневмоклассификаторе скорость воздушного потока изменяли от 1,5 до 7,5 м/с, а удельную производ-

тельность аппарата от 8,2 до 14,9 т/м<sup>2</sup> ч. В зависимости от гран-  
состава исходного продукта и режима процесса вынос пыли достигал  
4,3 - 28,9%. Крупнокристаллический обеспыленный продукт с содер-  
жанием класса <math>-0,1\text{ мкм}</math> не более 3% получен при скорости воздуха  
5,5 м/с и удельной нагрузке на аппарат по исходному продукту  
до 14,9 т/м<sup>2</sup> ч. На основании экспериментальных данных по разделе-  
нию ретур по известной методике Барского рассчитан выход мелких  
фракций  $\Phi_m(x)$  в зависимости от критерия Фруда для одно- и семи-  
ступенчатой установки.

Таким образом, по данным исследований процессов шлифования и  
обеспыливания гранул и классификация ретур на опытной установке  
определен аэродинамический режим и разработан метод расчета про-  
мышленной установки производительностью 20,8 кг/с (75 т/ч) для  
гранулята и 16,1 кг/с (60 т/ч) для ретур. Технологическая схема  
установки (рис.5) включает в себя двухкамерный аппарат с клинчым  
слоем площадью 4,1 м<sup>2</sup> и вспомогательное оборудование.

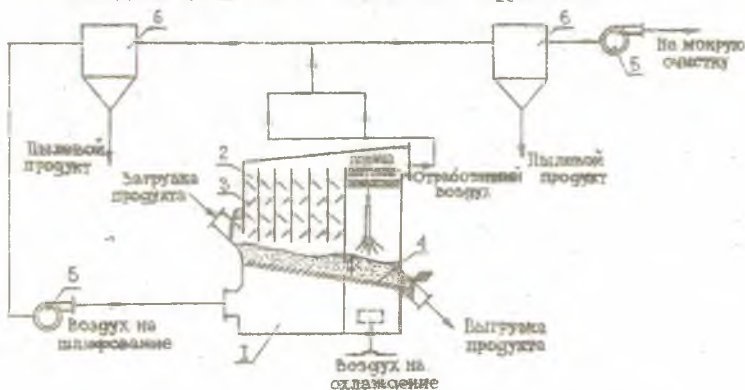


Рис. 5. Технологическая схема шлифования, обеспыливания,  
охлаждения гранулированного КСИ и разделения ретур:  
1 - сепаратор; 2 - разделительный канал; 3 - наклонная  
полка; 4 - беспровальная решетка; 5 - вентилятор;  
6 - циклон.

На основе разработанной технологической схемы и оборудования  
для кондиционирования гранул и разделения ретур выполнен проект

и в 1987 году на Втором рудоуправлении ПО "Белорускалий" смонтирована установка для обработки и внедрения технологии.

### ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель и метод расчета материальных потоков и производительности промышленных ретурных установок для грануляции солей методом прессования, с классификацией и без классификации ретура, с механическим кондиционированием гранул.

2. В опытных и промышленных условиях установлены качественные и количественные закономерности прессования порошков хлористого калия. Показано влияние на толщину, плотность и выход плитки физико-механических свойств исходной соли и режима работы прессов.

3. Разработаны способы повышения производительности валковых прессов путем увеличения давления прессования, стабилизации температуры исходной соли, регулирования гранулометрического состава КСГ с использованием связующей добавки ПАА, снижения содержания остаточных аминов в питании прессования, применения валков с рифленной поверхностью. Выданы рекомендации для промышленного внедрения и исходные требования на создание валковых прессов нового поколения производительностью до 50 т/ч.

4. Определены рациональные режимы процессов дробления плитки и классификации дробленого продукта на виброгрохотах, обеспечивающие выпуск гранулированного хлористого калия в соответствии с требованиями потребителей, без перегрузки основного оборудования и транспортных систем установки.

5. На основе выполненного анализа поверхности гранул хлористого калия отечественных предприятий и зарубежных фирм и результатов исследований по изменению гранулометрического состава и прочностных свойств гранулята в процессе его внутривзаводской транспортировки и складирования показана необходимость кондиционирования гранул в пневматических классификаторах.

6. По результатам экспериментальных исследований установлен оптимальный режим кондиционирования гранул и разделения ретура,

разработана технология и промышленное оборудование, обеспечивающие получение прочного и неплывающего гранулированного и крупнокристаллического хлористого калия с повышением производительности установки в 1,5 раза.

7. Промышленными испытаниями подтверждена адекватность разработанного метода расчета производительности вальковых прессов и грануляционных установок, что позволило использовать указанный метод для расчета материальных и тепловых балансов при анализе существующих и проектировании новых установок отделений грануляции Первого, Второго, Третьего, Четвертого рудоуправлений ПО "Белорускалий".

8. Результаты исследований использованы при освоении проектной производительности новых грануляционных установок и модернизации существующих. Экономический эффект от внедрения разработок по выпуску высококачественного гранулированного хлористого калия на Третьем и Четвертом рудоуправлениях ПО "Белорускалий" за период 1979-1984 гг. составил 1759,8 тыс.руб., ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии и оборудования для кондиционирования гранул и разделения ретурта составляет 633,7 тыс.руб., а от применения вальков с рифленой поверхностью - 422,6 тыс.руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Установка для окатывания, обеспыливания, охлаждения гранулированного хлористого калия /Себалло В.А., Туриков В.Ф., Турко М.Р., Перевозчикова И.Д.// I Всес.совещ. "Современная техника гранулирования и капсулирования удобрений": Тез.докл.-М., 1979.- С. 13

2. Эффективные способы повышения производительности вальцевых прессов / Пудовиков Ю.П., Генералов М.Б., Себалло В.А., Турко М.Р.// II Всес.научно-технич.совещ. "Пути совершенствования, интенсификации и повышения надежности аппаратов в основной химии": Тез.докл.- Сумы, 1982. - ч. II. - С. 60-62.

3. Анализ эффективности работы грануляционных установок в производстве хлористого калия /Турко М.Р., Себалло В.А., Туриков В.Ф., Стружков В.Н.// II Всес.совещ. "Современная техника гранулирования и капсулирования удобрений": Тез.докл.-М., 1983.- С.123-124.

4. Исследование и разработка способов повышения производительности грануляционных установок /Турко М.Р., Себалло В.А., Стовбунник Т.И., Цибигей Т.Н.// Четвертая науч.-техн.конф.молодых ученых и специалистов соляной пром-ти "Повышение эффективности процессов добычи и переработки соли": Тез.докл.- Артемовск, 1983.- С.69-70.

5. Метод расчета материального баланса грануляционных установок /Себалло В.А., Стружков В.Н., Меркулович Л.Б., Турко М.Р.// Хим.пром-ть - М., 1983.- №2.- С.47-49.

6. Анализ работы грануляционных установок при прессовании калийных удобрений /Себалло В.А., Меркулович Л.Б., Стружков В.Н., Турко М.Р.// Х.прикл.химии -Л., 1983.- №7. -С.1444-1449.

7. /Турко М.Р., Туриков В.Ф., Себалло В.А. Исследование процесса грануляции калийных удобрений на валковых прессах с профилированной поверхностью // Исследование процессов грануляции калийных удобрений.- Л.: Сб.научн.труд.ВНИИГ, 1983.-С.68-83.

8. Закономерности процесса прессования калийных удобрений /Шестаков В.И., Турко М.Р., Петренко М.А., Бояринов Н.А.//Исследование процессов грануляции калийных удобрений.-Л.:Сб.научн.труд.ВНИИГ, 1983.- С.43-55.

9. Результаты промышленных испытаний валковых прессов с проточками и рифленой поверхностью /Себалло В.А., Турко М.Р., Казаринов С.И., Туриков В.Ф., Вахрушев А.М.// Отр.научн.-техн.конф. "Пути дальнейшей интенсификации и повышения эффективности производства калийных удобрений": Тез.докл.-Пермь, 1985.- С.129-130.

10. Совершенствование технологии гранулирования хлористого калия на ПО "Белорускальй" /Турко М.Р., Туриков В.Ф., Максименко Н.С., Бродская С.А., Стовбунник Т.И., Цибигей Т.Н.// Промышленное освоение Старобянского месторождения калийных солей.-Л.:Сб.научн.труд.ВНИИГ, 1986.- С.118-129.

11. А.С.963952 (СССР). Способ получения гранулированного хлорида калия / Э.А.Ларютина, С.А.Бродская, Т.И.Стовбунник, М.Р.Турко - Оpubл. в Б.И., 1982, № 37.

12. А.С.905224 (СССР) Способ получения гранулированных минеральных удобрений / В.А.Себалло, И.Д.Соколов, Л.Я.Липшиц, Е.И.Соловьев, Б.С.Казарновский, А.С.Малахов, В.Ф.Тюриков, С.Н.Титков, В.Н.Стружков, В.Е.Евбенко, М.Р.Турко - Оpubл. в Б.И., 1982, № 6.

13. А.С.986906 (СССР). Способ получения гранулированного калийного удобрения / В.А.Себалло, И.Д.Соколов, С.Н.Титков, П.М.Судиловский, Л.Я.Липшиц, С.В.Журавлев, В.Ф.Тюриков, Е.И.Соловьев, М.Р.Турко - Оpubл. в Б.И., 1983, № 1.

Подписано к печати 16.10.1987г. АТ № 18347.

Заказ № 1329. Тираж 100 экз.

Ротапринт Белорусский филиал ВНИИПалургии.