

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 622.331.001.57

ШУЛЬДОВА
Светлана Георгиевна

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ
И ВАКУУМНОГО ФОРМОВАНИЯ ОРГАНОГЕННОЙ ГИДРОМАССЫ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 25.00.13 – обогащение полезных
ископаемых

Минск 2012

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный руководитель

Кислов Николай Владимирович,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Горные машины»
Белорусского национального технического
университета

Официальные оппоненты:

Бокун Иван Антонович,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Экономика и органи-
зация энергетики» Белорусского нацио-
нального технического университета;

Лис Анатолий Викторович,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Газоснабжение и
местные виды топлива» УО «Государст-
венный институт повышения квалифика-
ции и переподготовки кадров в области
газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Оппонирующая организация

ГНУ «Институт природопользования На-
циональной академии наук Беларуси»

Защита состоится 18 мая 2012 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.11 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, просп. Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, тел. ученого секретаря 8 (017) 2939234 .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «16» апреля 2012 г.

Ученый секретарь

совета по защите диссертаций,
доктор технических наук, профессор

Березовский Н.И.

© Шульдова С.Г., 2012

© БНТУ, 2012

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Формованные из органогенной гидромассы изделия получили широкое распространение как емкости для выращивания рассады и саженцев сельскохозяйственных культур (торфяные горшочки) и упаковки для самых различных товаров. Самой распространенной технологией получения таких изделий является обогащение органогенного сырья, включающее приготовление гидромассы посредством разделения материала в водной среде, удаление крупных фракций и добавление минеральных удобрений, с последующими вакуумным формованием и сушкой. По такой же технологии получают упаковочные изделия из гидромассы на основе макулатуры, что позволяет не только производить высококачественную и экологически чистую упаковку, но и утилизировать отходы.

В связи с тем, что увеличивается потребность в торфяной продукции для овощеводства и садоводства, возрастают экологические требования к упаковке, с большой вероятностью можно прогнозировать дальнейшее развитие технологий обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы, что соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы.

Развитие этих технологий невозможно без изучения свойств используемого при этом сырья, процессов его переработки, их моделирования и оптимизации. Поэтому особую остроту и актуальность приобретает проблема формирования общих принципов и методики обеспечения оптимальных, с точки зрения эффективности, параметров технологии обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами. Диссертация соответствует приоритетным направлениям научно-технической деятельности и выполнялась в соответствии с научно-исследовательской работой «Теоретические и экспериментальные основы течения и вакуумного формования органогенной гидромассы» (шифр ГБ 01–02), № госрегистрации 20011647, а также хозяйственным договором № 141 «Обоснование методов и средств повышения качества изделий и производительности линии по производству бугорчатых прокладок», № госрегистрации 1997479.

Цель и задачи исследования. Цель работы заключается в установлении закономерностей и разработке научно-методических основ обеспечения оптимальных параметров технологии обогащения и вакуумного формования изделий из смеси жидкости с сырьем органогенного происхождения.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- на основе статистических данных по эксплуатации технологической линии производства торфяных горшочков и бугорчатой упаковки на ОАО «Зеленоборское» установить возможность повышения производительности линии и снижения удельных затрат топлива и энергии;
- определить физико-механические свойства органогенной гидромассы, установить их взаимосвязь и закономерности пространственно-временной изменчивости;
- оценить влияние свойств гидромассы на режимы технологического процесса обогащения и вакуумного формования, а также качественные показатели формованных изделий;
- в результате анализа взаимовлияния размеров пробоотборника и частиц твердого в гидромассе теоретически обосновать объем проб для получения достоверных результатов при исследовании свойств гидромассы в процессах ее приготовления и транспортирования;
- обосновать критерии оптимизации и разработать математическую модель технологического процесса обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы;
- на основе анализа математической модели с использованием разработанного программного обеспечения для ЭВМ предложить методику расчета и рекомендации по обеспечению оптимальных параметров технологии.

Объектом исследований является технология обогащения органогенного сырья и вакуумного формования из него изделий. *Предмет исследования* – технологические параметры процесса обогащения органогенного сырья и вакуумного формования изделий из смеси жидкости с сырьем органогенного происхождения.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- закономерности взаимосвязи физико-механических свойств органогенной гидромассы, используемой при производстве формованных изделий и оценка влияния этих свойств на качество продукции;
- математическая модель технологического процесса обогащения и вакуумного формования изделий из гидромассы органогенного происхождения, представленная аддитивной целевой функцией в виде отношения суммарных энергозатрат к производительности технологической линии и системы ограничений по качественным показателям гидромассы;
- оценка энергоемкости процесса обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы и обеспечение ее снижения за счет установленных оптимальных параметров процесса с учетом требуемого качества продукции.

Личный вклад соискателя. Все научные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. Соавторы опубликованных работ принимали участие в проведении отдельных экспериментов, обсуждении промежуточных и конечных результатов. Обработка, интерпретация данных, разработка методики расчета, а также выводы сделаны автором самостоятельно.

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам кафедры «Горные машины» БНТУ и ОАО «Зеленоборское» за практические советы и ценные замечания, сделанные в процессе подготовки работы.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты, изложенные в диссертации, докладывались на следующих научных конференциях:

- международной научно-технической конференции «Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и методов обучения» (г. Минск, 2000);
- научно-технической конференции «Современные проблемы механики торфа в процессах добычи и переработки» (г. Минск, 2000);
- третьей международной научно-технической конференции «Наука-образованию, производству, экономике» (г. Минск, 2005);
- международной научно-технической конференции «Торф и решение проблем энергетики, с/х и экологии» (г. Минск, 29 мая – 2 июня 2006 г.);
- международной научно-технической конференции «Проблемы технологии и механизации разработки месторождений полезных ископаемых» (г. Минск, 21– 22 февраля 2008 г.).

Опубликованность результатов диссертации. Основные положения и результаты научных исследований опубликованы в 14 научных работах, в том числе: 3 статьях в научно-технических рецензируемых журналах согласно перечню ВАК Республики Беларусь, одной статье в республиканском межведомственном сборнике научных трудов общим объемом 1,4 авторского листа, 7 материалах конференций, 2 тезисах докладов, одном учебно-методическом пособии. Заявлены патенты на изобретение и полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографии и приложений. Работа общим объемом 164 страницы включает 84 страницы машинописного текста, 37 иллюстраций на 17 страницах, 18 таблиц на 8 страницах, список использованных источников, содержащий 92 наименования на 7 страницах, список публикаций автора из 14 наименований на 2 страницах и 6 приложений на 47 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава содержит анализ известных научных результатов и постановку задач исследований. В ней приведен литературный обзор, отражающий современное состояние теоретических и экспериментальных исследований

процессов обогащения органогенного сырья, транспортирования органогенной гидромассы и вакуумного формования из нее изделий.

Операции приготовления различного рода гидросмесей широко используются в технологиях горной, химической и целлюлозно-бумажной промышленности. Исследованиям в этой области посвящены работы, выполненные учеными Терентьевым О.А., Гаузе А.А., Кафаровым В.В., Романковым П.Г., Брагинским Л.Н., зарубежными учеными Стренком Ф., Штербачеком З., Гауск П. Режимы течения гидросмесей изучались Лиштваном И.И., Смолдыревым А.Е., Климовым В.И., Пучковым Л.А., Покровской В.Н. Исследованию свойств, определяющих режимы течения гидросмесей, посвящены работы Рейнера М., Уилкинсона У.Л., Смольского Б.М., Шульмана З.П., Косаревиц И.В.

Используемые в технологии обогащения сырья и вакуумного формования изделий гидросмеси при достижении определенной концентрации твердых частиц проявляют вязкопластичные свойства, обусловленные процессами структурообразования в гидросмеси. При оценке вязкопластичного течения гидромассы органогенных систем целесообразно использование уравнения Шульмана З.П.

$$\tau^{n_1} = \tau_0^{n_1} + (\eta_{пл} \cdot \dot{\varepsilon})^{m_1}, \quad (1)$$

где τ – напряжение сдвига; τ_0 – предел текучести; $\eta_{пл}$ – пластическая вязкость; $\dot{\varepsilon}$ – градиент скорости; n_1 , m_1 – реологические параметры, определяемые природой вещества и его внутренней структурой. Эта формула отражает нелинейность вязкости и обобщает большинство употребляемых в настоящее время моделей: Ньютона ($\tau_0 = 0$; $m_1 = n_1 = 0$), Шведова-Бингана ($m_1 = n_1 = 1$), Оствальда ($\tau_0 = 0$), Кэссона ($m_1 = n_1 = 2$) и др.

Для оценки процессов гидравлического роспуска и перемешивания сырья используются показатели энергетической эффективности и качества перемешивания либо степени переработки гидромассы.

Эффективность перемешивания определяется количеством затрачиваемой на перемешивание энергии. Связь между мощностью и условиями процесса принято выражать зависимостью

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n_0^3 \cdot d_0^5, \quad (2)$$

где K_N – критерий мощности, аналог критерия Эйлера; ρ – плотность гидромассы; n_0 – частота вращения ротора (или перемешивающего устройства); d_0 – наибольший диаметр расположения кромок ротора.

Метод расчета гидротранспорта базируется на установлении рабочей скорости движения гидросмеси и потерь давления, обеспечивающих эти условия. Потери давления на трение определяют по формуле Дарси-Вейсбаха

$$\Delta p_{тр} = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v_{сп}^2}{2}, \quad (3)$$

где λ – безразмерный коэффициент, являющийся функцией обобщенного критерия Re^* Рейнольдса для вязко-пластичной гидросмеси; L, D – размеры трубы; ϑ_{cp} – средняя скорость потока.

Анализ многочисленных исследований, выполненный при изучении движения вязко-пластичных гидросмесей торфяных и бумажных масс, свидетельствует о возможности применения формулы Дарси-Вейсбаха, если известны соотношения для коэффициента λ .

Полные потери давления

$$\sum \Delta p = \Delta p_{тр} + \Delta p_m + \Delta p_n, \quad (4)$$

где $\Delta p_{тр}$ – линейные потери давления трения; Δp_m – местные потери давления; Δp_n – потери давления на преодоление разности высот между началом и концом трубопровода.

На основании литературного обзора определены цели, задачи и объект исследования.

Во второй главе изложены методология и методы проведения исследований и обработки экспериментальных данных, излагается разработанная методика определения объема пробы при оценке однородности состава гидромассы в процессах ее приготовления и транспортирования.

Контроль качества гидромассы проводился по величине концентрации, которая выражается процентным содержанием абсолютно сухого вещества в пробе, и степени помола A . Степень помола A определялась с помощью аппарата Шоппер-Риглера ($^{\circ}$ ШР), действие которого основано на фильтрационных свойствах гидросмеси.

В качестве прибора для определения реологических свойств пульпы использовался ротационный вискозиметр Реотест-2 с измерительной системой в виде коаксиальных цилиндров.

Обработка экспериментальных данных проводилась с помощью методов математической статистики в соответствии с общепринятой методикой, которая заключается в составлении выборок из результатов наблюдений, их анализа с целью нахождения интегральных или дифференциальных функций распределения, и установления статистических зависимостей между исследуемыми величинами. Для оценки согласованности теоретического и статистического распределений использовались критерий χ^2 Пирсона, критерии Колмогорова и Романовского.

Нахождение зависимостей между исследуемыми величинами осуществлялось методами корреляционного и регрессионного анализа. В случае регрессионного анализа решалась задача аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Оценка регрессионных моделей выполнялась с помощью коэффициента детерминации R^2 .

При оценке качества перемешивания (степени переработки) посредством отбора проб важное значение имеет обоснование объема проб и их количества

для того, чтобы с необходимой точностью охарактеризовать действительное распределение твердого в смеси и реологические свойства пульпы. Объем пробы установлен на основании анализа взаимовлияния размеров пробоотборника и частиц твердого. Достоверность исследований обуславливается требованием, чтобы коэффициент V_g вариации массы m_g проб, отбираемых из объема v , был меньше или равен некоторой величине α , соответствующей точности проведенных исследований, то есть

$$V_g = \frac{\sigma_g}{M_g} \leq \alpha, \quad (5)$$

где $\sigma_g = \sqrt{D_g}$ – среднеквадратическое отклонение массы пробы; M_g – ее математическое ожидание; D_g – дисперсия.

В случае, когда процесс приготовления гидросмеси закончен, математическое ожидание массы твердого в пробе определяется как $M_q = q \cdot m_g$, а дисперсия – $D_q = q \cdot (1-q) \cdot m_q^2$, где q – вероятность появления частиц твердого в пробе. Тогда M_q и D_q находятся в прямой пропорциональной зависимости от массы m_g пробы, а коэффициент V_g вариации изменяется от массы m_g пробы по зависимости

$$V_g = 100 \cdot \sqrt{\frac{(1-q) \cdot m_q}{q \cdot m_g}}, \quad \% \quad (6)$$

где m_q – масса отдельной частицы; $m_g = k_q \cdot m_q + m_b$, k_q – число частиц; m_b – масса жидкости в пробе пульпы.

Формула (6) использовалась для выбора необходимой массы пробы по заданному коэффициенту вариации.

Таким образом, теоретически обоснован объем проб для получения достоверных результатов исследований характеристик гидромассы и их дальнейшей обработки приведенными в главе методами и средствами.

В третьей главе приведены результаты исследований физико-механических свойств гидромассы и влияния их на качественные характеристики формованных изделий, а также анализ производственных показателей, характеризующих эффективность технологического процесса.

В задачи анализа работы технологической линии ОАО «Зеленоборское» входило изучение характера изменений производительности и удельных затрат энергии и газа за длительный период эксплуатации линии, а также определение статистических характеристик и закономерностей распределения значений этих величин и взаимосвязей между ними. Установлено, что посменные удельные затраты газа уменьшаются с ростом производительности согласно зависимости

$$P_r = 379,9 \cdot \Pi^{-0,56}, \quad (7)$$

где P_r – расход газа $\text{м}^3/1000$ шт.; Π – производительность, тыс. штук в смену.

Критерий детерминации R^2 составил 0,77.

Выравнивание статистических рядов исследуемых показателей осуществлялось с использованием кривых Пирсона 3-го типа, что обеспечило хорошую сходимость теоретических и экспериментальных значений.

В результате проведенных исследований также установлены законы распределения значений свойств гидромассы: концентрации C_g и степени помола A , найдена зависимость между ними. Концентрация C_g гидромассы измерялась дважды: непосредственно после гидроразбивателя C_{g1} и после удаления крупных включений сортировщиком волокон и разбавления водой C_{g2} . В результате построения статистических рядов значений концентраций C_{g1} и C_{g2} установлены нормальные законы распределения для обоих показателей и линейная зависимость между ними

$$C_{g2} = 0,63 C_{g1} + 0,07. \quad (8)$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,7$.

Пробы для исследования степени помола A брались из мешального бассейна после сортировщика волокон и разбавления водой. Установлено, что степень помола зависит от состава, концентрации и времени гидророспуска сырья. В результате проведения статистического анализа для ряда значений степени помола A установлен нормальный закон распределения плотности вероятности. Зависимость степени помола от концентрации была аппроксимирована полиномиальной кривой

$$A = -70,3 C_{g2}^2 + 220 C_{g2} - 121 \quad (9)$$

при $R^2 = 0,92$.

Полученные зависимости позволили задать ограничения по величине концентрации и производительности, а также определять значения концентрации и степени помола на различных стадиях технологического процесса.

При проведении экспериментов по изучению реологических кривых особое внимание уделено исследованию влияния концентрации C_g твердого в пульпе, которая варьировалась в пределах $0,2 \div 1,94$ %, и температуры T пульпы, в пределах от 25 до 60 °С на характер изменения напряжений сдвига τ при различных скоростях течения.

При малых скоростях сдвига ($\dot{\epsilon} \leq 30 \div 40$ с⁻¹) наиболее приемлемым для описания зависимости $\tau = f(\dot{\epsilon})$ является уравнение Баркли-Гершеля

$$\tau - \tau_0 = k_1 \cdot |\dot{\epsilon}|^{n_1 - 1} \cdot \dot{\epsilon}, \quad (10)$$

где k_1 и n_1 – реологические параметры, определение которых было выполнено по методу наименьших квадратов.

По мере увеличения температуры от 25 до 60 °С показатель консистенции k_1 существенно уменьшается в пределах от $1,85 \cdot 10^{-3}$ до $0,43 \cdot 10^{-7}$ (таблица 1). Это является следствием разжижения пульпы с ростом ее температуры. Показатель нелинейности n_1 в уравнении (10) больше единицы и с увеличением температуры пульпы возрастает в пределах $2,13 \div 4,32$ (см. таблицу 1). Следова-

тельно, пульпа при малых скоростях сдвига ведет себя как дилатантная система. Учитывая, что в этом случае величины предела текучести τ_0 малы по сравнению со значениями τ , при малых скоростях сдвига представляется целесообразным для практических целей использовать степенную модель Оствальда

$$\tau = k_1 \cdot |\dot{\epsilon}|^{n_1-1} \cdot \dot{\epsilon}, \quad (11)$$

в которой отсутствует τ_0 , а эффективная вязкость подчиняется закономерности

$$\eta_{эф} = k_1 \cdot |\dot{\epsilon}|^{n_1-1}. \quad (12)$$

Для оценки сходимости опытных и расчетных данных использовано условие, что среднеквадратическое отклонение $\sigma_0 < \Omega$, где $\Omega = 0,1 \cdot \sum_{i=1}^n \tau/n$. Это условие выполняется.

Таблица 1 – Параметры формул (10) и (11), оценка сходимости опытных и расчетных данных

Т, °С	τ_0 , Па	Формула (10)				Формула (11)			
		k_1	n_1	σ_0	Ω	k_1	n_1	σ_0	Ω
25	0,01	$1,85 \cdot 10^{-3}$	2,13	0,073	0,075	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2,05	0,070	0,075
30	0,01	$0,16 \cdot 10^{-3}$	2,78	0,035	0,052	$0,24 \cdot 10^{-3}$	2,66	0,046	0,052
50	0,01	$0,21 \cdot 10^{-4}$	3,32	0,035	0,038	$0,45 \cdot 10^{-4}$	3,08	0,037	0,038
60	0,005	$0,43 \cdot 10^{-7}$	4,32	0,024	0,026	$0,57 \cdot 10^{-7}$	4,22	0,002	0,026

При скоростях сдвига, превышающих $(30 \div 40) \text{ с}^{-1}$ пульпа в диапазоне температур $T = (25 \div 50) \text{ }^\circ\text{C}$ представляет собой линейно-вязкопластичную среду и ее течение подчиняется закономерности Шведова-Бингама

$$\begin{cases} \tau = \tau_0 + \eta_{пл} \cdot \dot{\epsilon}, & |\tau| > \tau_0 \\ \dot{\epsilon} = 0, & |\tau| \leq \tau_0 \end{cases} \quad (13)$$

Параметры формулы (13) для случая изменения температуры среды в пределах $(25 \div 50) \text{ }^\circ\text{C}$ сведены в таблицу 2. Для этого диапазона температур сходимость также удовлетворяет условию $\sigma_0 < \Omega$.

Таблица 2 – Параметры формулы (13), оценка сходимости опытных и расчетных данных

Т, °С	τ_0 , Па	$\eta_{пл}$, Па·с	σ_0	Ω
25	2,03	0,0552	0,09	0,71
30	1,49	0,0368	0,2	0,5
43	2,22	0,0486	0,37	0,59
50	0,82	0,0396	0,24	0,45

Сводный график зависимостей $\eta_{эф} = f(\tau)$ для всего диапазона скоростей сдвига изображен на рисунке 1.

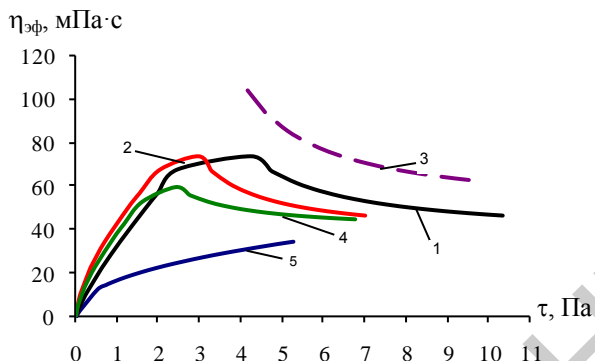


Рисунок 1 – Семейство кривых течения $\eta_{эф} = f(\tau)$ по температуре T пульпы при концентрации $C_g = 1,36\%$: 1 – $T=25\text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $T=30\text{ }^\circ\text{C}$; 3 – $T=43\text{ }^\circ\text{C}$; 4 – $T=50\text{ }^\circ\text{C}$; 5 – $T=60\text{ }^\circ\text{C}$

Кривые течения гидромассы в случае $C_g = (0,9 \div 1,5)\%$ и $\dot{\epsilon} > (30 \div 40)\text{ c}^{-1}$ (рисунок 2) подчиняются закономерности (13) Шведова-Бингама, предел текучести τ_0 по мере увеличения концентрации C_g возрастает от 1,8 до 4,5 Па (таблица 3).

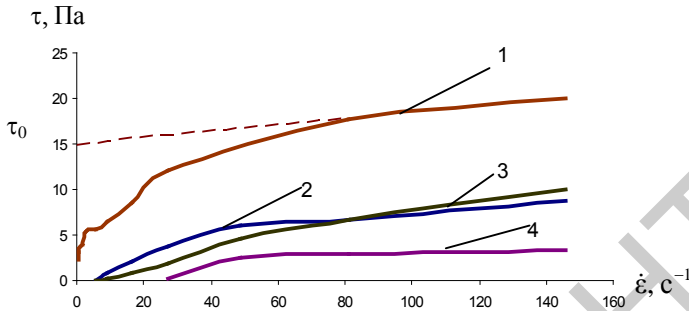
Таблица 3 – Параметры формулы (13) при $C_g \neq const$ и $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$

$C_g, \%$	$\tau_0, \text{Па}$	$\eta_{пл}, \text{Па}\cdot\text{с}$	σ_0	Ω
0,90	1,80	0,012	0,04	1,90
1,36	2,03	0,055	0,15	0,71
1,50	4,50	0,030	0,21	0,72
1,94	14,90	0,035	0,20	0,29

Зависимость $\tau = f(\dot{\epsilon})$ для концентрации $C_g = 1,94\%$ (рисунок 2, кривая 1) во всем изученном диапазоне скоростей сдвига ($\dot{\epsilon} = 0,33 \div 145,8\text{ c}^{-1}$) свидетельствует о том, что гидромасса представляет собой аномально-вязкую среду со всеми признаками жидкообразной структурированной системы, течение которой происходит в соответствии с закономерностью (13) Шведова-Бингама.

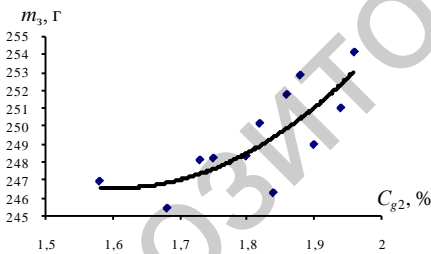
Концентрация C_g твердого в пульпе оказывает существенное влияние на характер ее течения и реологические свойства. Для зависимости динамического условного предела текучести τ_0 от концентрации твердого C_g характерно резкое повышение τ_0 при $C_g > 1,5\%$, что является следствием изменения структурных свойств системы и перехода ее в структурированное жидкообразное состояние. Зависимость $\tau_0 = f(C_g)$ характеризуется формулой

$$\tau_0 = 0,12 \cdot e^{2,5 C_g} \quad (14)$$

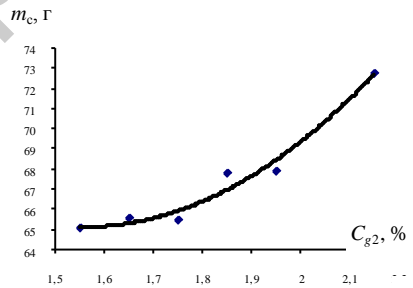


**Рисунок 2 – Кривые течения $\tau = f(\dot{\epsilon})$ пульпы при $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
1 – $C_g = 1,94 \text{ } \%$; 2 – $1,5 \text{ } \%$; 3 – $1,36 \text{ } \%$; 4 – $0,9 \text{ } \%$**

Для исследования влияния свойств гидромассы на качественные показатели готовых изделий, отбирались образцы, полученные в том же цикле работы гидроразбивателя, для которого исследовались и характеристики гидромассы. На рисунке 3, *а* представлена зависимость массы m_3 заготовки на формовке от концентрации C_{g2} , а на рисунке 3, *б* – зависимость массы m_c изделия после сушки от этого же параметра.



а



б

Рисунок 3 – Зависимости массы от концентрации $C_{g2}, \text{ } \%$

***а* – массы m_3 заготовки; *б* – массы m_c изделия после сушки**

Анализ большого объема статистических данных показал, что на влагосодержание высушенного изделия оказывает влияние целый ряд факторов: масса изделия, концентрация и степень помола гидромассы, а также ее состав.

При исследовании зависимости влагосодержания W_c от концентрации C_{g1} была использована аппроксимация полиномом 2-й степени

$$W_c = 1,4 C_{g_1}^2 - 3,6 C_{g_1} + 6,6, \quad (15)$$

которая хорошо согласуется с эмпирическими данными, поскольку $R^2 = 0,98$.

Таким образом, получены соотношения по качественным показателям гидросмеси и формованных изделий. Установлена возможность регулирования режимов технологического процесса обогащения и вакуумного формования органогенной гидромассы и качества формованных изделий на основе изменения значений характеристик гидромассы.

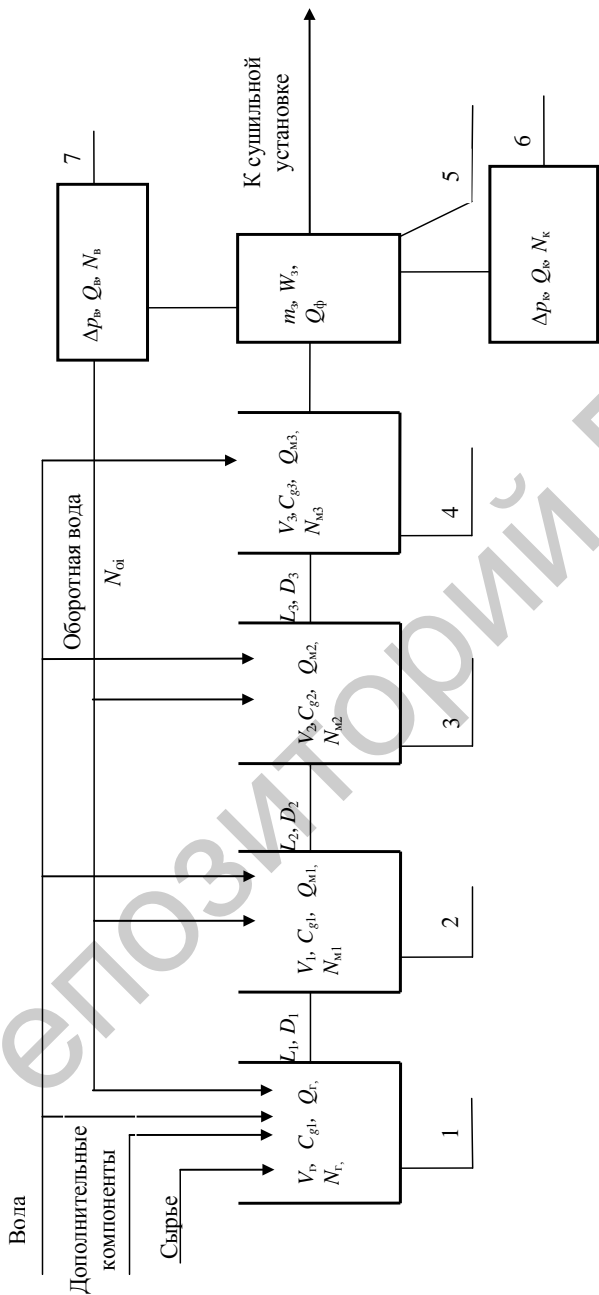
В четвертой главе представлены результаты исследования математической модели технологического процесса обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы и предложена методика определения оптимальных параметров этого процесса. Проанализировано влияние режимных и некоторых конструктивных параметров аппаратов, используемых в технологическом процессе, на его эффективность. Для этого математическая модель адаптирована к действующей на ОАО «Зеленоборское» технологической линии по производству формованных изделий. Структура линии приведена на рисунке 4. Основные обозначения: V_i – объемы емкостей; C_{gi} – концентрации гидромассы; N_r – мощность гидроразбивателя; N_{mi} – мощности, расходуемые на перемешивание; Q_r , Q_{mi} – циркуляционные расходы в соответствующих емкостях; L_j , D_j – размеры трубопроводов, m_3 , W_3 – масса и влагосодержание заготовок на выходе из формовочной машины; m_c , W_c – масса и влажность изделий после сушки; Δp_b , Q_b , N_b – соответственно разряжение, производительность, и мощность вакуум-насоса; Δp_k , Q_k , N_k – то же компрессора; T – температура в сушилке; i – номер перемешивающего устройства; j – номер транспортного участка.

Математическая модель разработана на основе принципа декомпозиции сложных систем и представляется аддитивной целевой функцией составляющих технологических стадий и системой соотношений, обеспечивающих качество ведения процесса. Формирование математической модели целесообразно начать с выбора основных параметров формовочной машины, поскольку она определяет важнейшую характеристику процесса – производительность по заготовке, которая определяется выражением

$$Q_3 = \frac{n_\phi \cdot m_3}{t_\kappa}, \quad (16)$$

где n_ϕ – число параллельно работающих форм; $t_\kappa = t_\phi + t_b$ – время цикла их работы; t_ϕ – время вакуумного формования; t_b – вспомогательное время.

Для определения времени формования использовано уравнение, полученное на основе балансовых соотношений производительности и зависимости скорости фильтрации от перепада давлений на перегородке.



1 – гидрозабиватель, 2, 3 – промежуточные емкости с перемешивающим устройством для гидромассы различной концентрации (мешальные бассейны); 4 – емкость заданной концентрации гидромассы; 5 – формовочная машина; 6 – вакуум-насос

Рисунок 4 – Структурно-функциональная схема технологического процесса обогащения и вакуумного формирования органогенной гидромассы

В результате интегрирования уравнения найдено его решение относительно времени t_ϕ

$$t_\phi = \frac{\left(e^{\frac{m_1 \cdot k_2}{2 \cdot \rho_3 \cdot S_n}} - 1 \right) \cdot 2 \cdot \rho_3 \cdot (C_{g_1} - C_g)}{k_2 \cdot (C_g - C_{g_\phi}) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p \cdot \rho_\phi \cdot \rho_{ж}}{\xi_n \cdot \rho}}}, \quad (17)$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий уплотнение слоя осадка; C_g, C_{g_1}, C_{g_ϕ} – концентрации соответственно гидромассы, заготовки и фильтрата; ρ_3 – плотность заготовки; S_n – общая площадь перегородки; h_3 – толщина слоя заготовки на перегородке; Δp – перепад давлений на перегородке; ρ_ϕ – плотность фильтрата; $\rho_{ж}$ – плотность воды; ξ_n – коэффициент гидравлического сопротивления перегородки.

Критерий оптимизации имеет вид

$$E = N/Q_3 \rightarrow \min, \quad (18)$$

где $N = N_\Gamma + N_M + N_T$ – общие затраты мощности в технологическом процессе; N_Γ, N_M, N_T – затраты мощности соответственно на гидророспуск, перемешивание и транспортирование гидромассы.

С целью определения режимных параметров работы гидроразбивателя (циркуляционного расхода Q_Γ , теоретического p_T и фактического p_p давлений) используется метод расчета, основанный на нахождении потерь давления в роторе и ванне гидроразбивателя, которые удовлетворяют условию $p_T = \oint \Delta p_r$, где $\oint \Delta p_r$ – потери давления в круге циркуляции. Определить эти значения возможно, исходя из баланса мощности, выражаемого как $Q_\Gamma \cdot \oint \Delta p_r = N_\Gamma$, где N_Γ определяется по формуле (2).

Ограничения на первой стадии технологического процесса имеют вид:

$$A(C_{g1}, A_0, t_r) \geq A_3, \quad (19)$$

где A_0 – степень помола исходного сырья; A_3 – заданное значение степени помола, обеспечивающее требуемые режимы течения технологического процесса и характеристики качества формованных изделий.

Варьирование исходных данных: частоты вращения ротора n_0 ($2,5 \div 6,5 \text{ c}^{-1}$); внешнего радиуса ротора R_2 ($0,4 \div 0,7 \text{ м}$) позволило определить зависимости расхода Q_Γ гидромассы в круге циркуляции (рисунок 5).

Эффективность перемешивания характеризуется двумя основными факторами: качеством достигаемого результата перемешивания и количеством затрачиваемой энергии. В технологических процессах производства формованных изделий мешальные бассейны предназначены для поддержания и выравнивания концентрации гидросмеси по объему аппарата. Поэтому в качестве критерия

рия качества перемешивания следует использовать распределение концентрации взвешенных частиц по высоте аппарата.

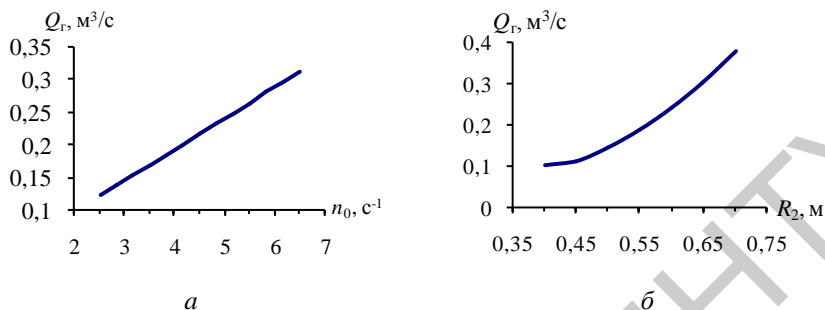


Рисунок 5 – Зависимости циркуляционного расхода Q_r от: a – частоты вращения ротора; b – радиуса ротора

Расчет расходуемой на перемешивание мощности выполнен по методике, основанной на определении крутящего момента $M_{кр}$ на валу, согласно которой основными параметрами, определяющими значение $M_{кр}$, являются диаметры мешалки d_m и аппарата D_A , высота H заполнения аппарата; эффективная вязкость $\eta_{эф}$, зависящая от температуры T и концентрации C_g гидромассы, плотность ρ гидросмеси. В общем виде формула для расчета мощности

$$N_M = f(D_A/d_m, n_m, H, T, C_g) \cdot \quad (20)$$

Распределение взвешенных частиц определяется значением относительной разности концентраций, которая должна удовлетворять условию

$$\Delta C_{g_{max}} \leq \Delta C_{g_s}, \quad (21)$$

где ΔC_{g_s} – значение относительной разности концентраций, характеризующее требуемое распределение концентрации твердой фазы суспензии в объеме аппарата.

В таблице 4 представлены результаты исследования влияния температуры на удельные затраты энергии при перемешивании для концентраций гидромассы $C_{g_3} = 1\%$ (мешальные бассейны 3 и 4), $C_{g_2} = 1,4\%$ (мешальный бассейн 2), $C_{g_1} = 2,18\%$ (мешальный бассейн 1) (см. рисунок 4). Для расчета использованы значения параметров k_1 и n_1 уравнения Баркли-Гершеля (1), представленные в таблице 1.

Мощность на гидротранспортирование смеси вычисляется по формуле

$$N_T = \sum \Delta p \cdot Q_T. \quad (22)$$

Производительность Q_T определяется исходя из балансовых соотношений по расходам и неразрывности потоков гидросмеси, потери давления – по формуле (6).

Для нахождения линейных потерь на трение используется уравнение Дарси-Вейсбаха (5). Коэффициент λ в уравнении (5) является функцией обобщенного критерия Re^* Рейнольдса. Для структурного и переходного течения торфяных гидромасс удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными зависимость $\lambda = 64/Re^*$. Критерий Re^* для вязко-пластичных систем определяется на основе значений предела текучести τ_0 и пластической вязкости $\eta_{пл}$, полученных в результате реологических исследований.

Таблица 4 – Удельные затраты энергии при перешивании

Т, °С	Удельные затраты энергии, Вт·с/кг		
	$C_g = 1 \%$	$C_g = 1,4 \%$	$C_g = 2,18 \%$
25	3737,8	3740,3	3744,8
30	3660,5	3662,9	3667,4
43	3584	3586,4	3590,7
50	3546	3548,4	3552,7
60	2286,5	2288,1	2290,8

Определив мощности технологических стадий и производительность процесса по формуле (16) получаем следующее выражение целевой функции:

$$E = \frac{t_{ц}}{n_{\phi} \cdot m_3} \left(Q_{г} \cdot p_{г} + \sum_i M_{кpi} \cdot \omega_{0i} + \sum_j \Delta p_j \cdot Q_j + \sum_p Q_p \cdot \Delta p_p \right) \rightarrow \min, \quad (23)$$

где i – номер мешального устройства; j – номер трубопровода гидромассы; p – номер компрессора или вакуумного насоса.

В качестве ограничений, обеспечивающих качество подготовки гидромассы, необходимо ввести неравенства (19, 21).

Исследование влияния характеристик гидромассы на энергетические затраты было проведено для технологического процесса в целом, поскольку установлены взаимозависимости свойств гидромассы и, следовательно, минимизация энергозатрат на отдельном участке процесса может привести к повышению энергоемкости другой технологической стадии.

При выполнении расчетов в качестве исходных данных (массы и влагосодержания заготовки, начальной концентрации гидромассы) использованы значения, полученные в результате обработки экспериментальных данных ОАО «Зеленоборское», которые приведены в главе 3. В расчетах также применены экспериментальные зависимости (8), (9), (14), (15), а также значения τ_0 и пластической вязкости $\eta_{пл}$, представленные в таблицах 2, 3.

Расчеты удельных затрат мощности выполнены по разработанной программе в среде *Visual Basic for Application* в виде приложения для *MS Excel*.

Расчет энергетических затрат технологического процесса выполнен при изменении начальной концентрации гидромассы в диапазоне 2,5÷4 %. Резуль-

таты исследования влияния концентрации на суммарные энергетические затраты представлены на рис. 6, *a*. Из графика видно, что минимум затрат энергии наблюдается в диапазоне изменения начальной концентрации гидромассы 3÷3,5 %.

Изменение удельных затрат энергии технологической линии от температуры $T = 25\div 60$ °С отражено на рисунке 6, *b*. На основании графика можно сделать вывод, что увеличение температуры T до 30 °С позволяет снизить удельные затраты мощности на несколько киловатт, изменение температуры T в пределах 30÷50 °С практически не влияет на затраты энергии, тогда как рост температуры до 60 °С позволяет существенно уменьшить энергоёмкость технологического процесса.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о возможности снижения удельных энергетических затрат технологической линии за счет уменьшения начальной концентрации C_{g1} и подогрева гидромассы. Для подогрева воды предложено использовать теплоту, выделяемую сушильной установкой, что не повлечет за собой дополнительных затрат.

Таким образом, предложенная математическая модель технологического процесса позволяет проанализировать возможности снижения энергетических затрат за счет изменения характеристик гидромассы, а также некоторых конструктивных и режимных параметров аппаратов и устройств, и может быть использована как для интенсификации существующих, так и при проектировании новых производств.

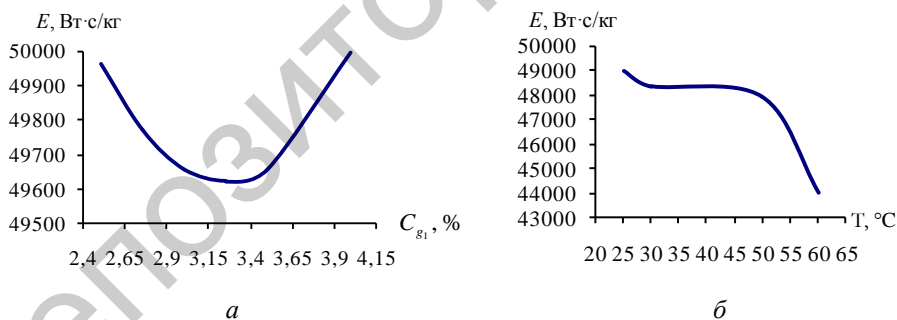


Рисунок 6 – Зависимость удельных затрат энергии E , Вт·с/кг от *a* – концентрации C_{g1} , % ; *b* – температуры T , °С

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты:

1. На основе выполненного анализа показателей работы технологической линии, характеризующих ее эффективность: производительности и удельных

затрат энергии и топлива, установлены законы распределения их значений и степенная зависимость удельного расхода газа от производительности. Сделан вывод о возможности повышения производительности, что приводит к снижению затрат газа на единицу продукции. При этом удельные затраты энергии снижаются в среднем на 28 % по мере увеличения выпуска продукции с 1000–1500 до 2000–2500 тыс.шт. в месяц [9].

2. С целью определения массы пробы для исследования свойств гидромассы в процессах ее приготовления и транспортирования проведен анализ взаимовлияния размеров пробоотборника и частиц твердого. Установлена зависимость коэффициента вариации массы пробы $V_g = f(m_g)$, которая позволяет определить необходимую массу m_g пробы по заданному коэффициенту вариации V_g или находить его при известном значении m_g [7].

3. На основе экспериментальных исследований основных характеристик гидромассы определены взаимосвязи между ними, а также влияние свойств гидромассы на течение технологического процесса и качественные показатели формованных изделий. Установлено, что значения концентрации, степени помола гидромассы и влагосодержания высушенного изделия распределены по нормальному закону. Обоснованы значения характеристик гидромассы, обеспечивающие оптимальные значения массы сформованной заготовки, массы и влагосодержание высушенного изделия. Установлено, что значения начальной концентрации C_{g1} должны находиться в пределах $2,8 \pm 3\%$, соответствующее им значение степени помола – более 40°ШР . Проведенные исследования позволили определить область допустимых значений параметров, влияющих на течение технологического процесса, и сформировать ограничения, за пределами которых получается недопустимое снижение качества продукции [10, 11].

4. Оценены реологические свойства гидромассы. Установлено, что органическая гидромасса для производства формованных изделий в общем случае представляет собой нелинейно-вязкопластичную среду, течение которой развивается после преодоления некоторого начального напряжения сдвига (предела текучести) τ_0 , а кривая течения не линейна.

Исследовано влияние концентрации C_g твердого в пульпе, которая варьировалась в пределах $0,2 \div 1,94\%$, и температуры T пульпы, от 25 до 60°C , на характер изменения напряжений сдвига τ при различных скоростях течения. Зависимость предела текучести τ_0 от концентрации C_g твердого вещества в пульпе характеризуется экспоненциальной зависимостью, согласно которой происходит интенсивное увеличение τ при $C_g > 1,5\%$, что является следствием перехода пульпы в структурированное жидкообразное состояние.

Наибольшая эффективная вязкость $\eta_{\text{эф}}$ пульпы в пределах напряжений, соответствующих проявлению дилатантных свойств в случае $C_g = 1,36\%$, достигает при $T = 25^\circ\text{C}$ около $85 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, по мере увеличения температуры от 25 до 50°C несколько снижается, при $T = 60^\circ\text{C}$ резко уменьшается и в случае $\dot{\epsilon} < 30 \text{ с}^{-1}$ составляет всего лишь $3,25 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. На основании исследований рео-

логических свойств гидросмеси в зависимости от концентрации и температуры установлена возможность регулирования режимов технологического процесса производства формованных изделий [5, 12].

5. Разработана математическая модель технологического процесса обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы, включающая целевую функцию в виде отношения энергозатрат к производительности, а также систему ограничений по качественным характеристикам гидромассы и балансовым соотношениям. Для расчета удельных затрат энергии технологической линии согласно предложенной математической модели разработано программное обеспечение с использованием электронных таблиц [1, 2, 4, 6, 8, 13, 14].

6. Проведен вычислительный эксперимент по исследованию влияния концентрации и температуры гидромассы на энергоемкость технологического процесса, а также режимных и конструктивных параметров (частоты вращения и радиуса ротора) гидроразбивателя на затраты энергии при роспуске сырья. Установлено, что минимум энергозатрат наблюдается в диапазоне изменения начальной концентрации гидромассы $3 \div 3,5\%$, а повышение температуры способствует уменьшению энергоемкости процесса. Значительно снизить энергозатраты на производство возможно при увеличении температуры гидромассы до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для подогрева воды предложено использовать теплоту, выделяемую сушильной установкой, что не повлечет за собой дополнительных затрат [3, 11, 14].

7. Предложена методика расчета режимных параметров технологического процесса и разработаны рекомендации по ее использованию [1, 2, 3, 11, 14].

Рекомендации к практическому использованию результатов

1. На основе проведенного исследования в 1998–2000 гг. ОАО «Зеленоборское» провело ряд мероприятий организационного и технологического характера (увеличение скорости работы линии, уменьшение начальной концентрации и др.), что позволило довольно существенно повысить эффективность технологической линии.

2. Разработанные методика и рекомендации по расчету режимных параметров технологического процесса производства формованных из гидромассы изделий с использованием электронных таблиц внедрены на ОАО «Зеленоборское».

3. Разработанные методика и рекомендации по расчету режимных параметров технологического процесса формованных из гидромассы изделий с использованием электронных таблиц внедрены в учебный процесс на кафедре информационных технологий и высшей математики Минского института управления.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах

1. Шульдова, С.Г. Определение режимных параметров работы гидроразбивателя на основе баланса энергии / С.Г. Шульдова // Вестник БНТУ. – 2006. – № 2. – С. 58–61.
2. Шульдова, С.Г. Математическое моделирование и оптимизация технологического процесса производства формованных из гидромассы изделий / С.Г. Шульдова // Горная механика. – 2006. – № 4. – С. 81–91.
3. Шульдова, С.Г. Влияние концентрации и температуры гидромассы на затраты энергии при производстве формованных изделий / С.Г. Шульдова // Горная механика и машиностроение. – 2010. – № 3. – С. 81–88.

Статьи в сборниках научных трудов

4. Казаченко, Г.В. Моделирование вакуумного формования заготовок фильтрованием гидромассы / Г.В. Казаченко, С.Г. Шульдова // Конструирование и эксплуатация автомобилей и тракторов : сб. науч. тр. / Бел. нац. техн. ун-т ; под ред. О.С. Луговцева. – Минск, 2001. – Вып. 7. – С. 98–102.

Материалы конференций

5. Кислов, Н.В. Исследование реологических свойств пульпы из бумажной массы / Н.В. Кислов, Г.В. Казаченко, С.Г. Шульдова // Физико-химические и экологические проблемы наукоемких технологий и переработки органических материалов : материалы науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию юбилею проф. Гамаюнова Н.И. – Тверь, 2000. – С. 49–50.
6. Шульдова, С.Г. Эффективность гидроразбивателя / С.Г. Шульдова // Современные проблемы механики торфа в процессах добычи и переработки : сб. трудов науч.-техн. конференции. – Минск : Технопринт, 2002. – С. 134–138.
7. Кислов, Н.В. Определение объема пробы при оценке однородности состава пульпы / Н.В. Кислов, С.Г. Шульдова // Современные проблемы механики торфа в процессах добычи и переработки : сб. трудов науч.-техн. конференции. – Минск : Технопринт, 2002. – С. 84–89.
8. Шульдова, С.Г. Об эффективности гидроразбивателя / С.Г. Шульдова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы третьей междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2005 г. : в 2 т. / Бел. нац. техн. ун-т; редкол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2006. – Т. 1. – С. 165–167.
9. Анализ работы технологической линии по производству формованных из гидромассы изделий / А.С. Костюков, Е.А. Саванец, Г.В. Казаченко, С.Г. Шульдова // Торф и решение проблем энергетики, с/х и экологии: материалы междунар. конф., Минск, 29 мая – 2 июня 2006 г. / Институт проблем

использования природных ресурсов и экологии; редкол.: И.И. Лиштван [и др.]. – Минск, 2006. – С. 3–4.

10. Шульдова, С.Г. Характеристики гидромассы при производстве формованных изделий / С.Г. Шульдова // Торф и решение проблем энергетики, с/х и экологии: материалы междунар. конф., Минск, 29 мая – 2 июня 2006 г./ Институт проблем использования природных ресурсов и экологии; редкол.: И.И. Лиштван [и др.]. – Минск, 2006. – С. 4–6.

11. Шульдова, С.Г. Определение оптимальных характеристик органогенной гидромассы в процессе производства формованных изделий / С.Г. Шульдова // Проблемы технологии и механизации разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. трудов Международной науч.-техн. конференции. Минск, 2008 г. : в 2 ч. – Минск, БНТУ, 2009. – Ч. 1. – С. 110–115.

Тезисы докладов

12. Шульдова, С.Г. Реологические характеристики пульпы для производства бугорчатой упаковки / С.Г. Шульдова // Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и прогрессивных методов обучения : материалы науч.-техн. конф., посвящ. 80-летию БГПА, Минск, 2000 г. : в 10 ч. / БГПА ; отв. за выпуск Ляшенко Л.Э.– Минск, 2000. – Ч. 4. – С. 82.

13. Казаченко, Г.В. Моделирование процесса вакуумного формования / Г.В. Казаченко, С.Г. Шульдова // Автотракторный факультет на рубеже столетий : сб. докладов / БНТУ ; под ред. Н.М. Капустина. – Минск, 2002. – С. 24.

Учебно-методические материалы

14. Федосенко, О.Э. Информационные технологии : учебно-методическое пособие / О.Э. Федосенко, С.Г. Шульдова, Н.В. Новикова. – Минск, Изд-во МИУ, 2006. – 166 с.

РЭЗІЮМЭ

Шульдава Святлана Георгіеўна

АБГРУНТАВАННЕ ПАРАМЕТРАЎ ТЭХНАЛОГІІ АБАГАЧЭННЯ І ВАКУУМНАГА ФАРМАВАННЯ АРГАНАГЕННАЙ ГІДРАМАСЫ

Ключавыя словы: гідрамаса, абагачэнне, тэхналогія фармавання, фізіка-механічныя ўласцівасці, рэалагічныя крывыя, аптымізацыя, метадыка выяўлення, эфектыўнасць.

Аб'ект даследвання: тэхналогія абагачэння і вакуумнага фармавання вырабаў з арганагеннай гідрамасы.

Мэта работы: распрацоўка метадыкі забеспячэння аптымальных параметраў цяэння тэхналагічнага працэсу вытворчасці вырабаў фармаваннем з гідрамасы арганагеннага паходжання.

Метады даследвання: лабараторныя даследванні фізіка-механічных уласцівасцей гідрамасы, статыстычны аналіз, рэгрэсійны аналіз, матэматычнае мадэліраванне, вылічальны эксперымент.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: устаноўлены законы размеркавання значэнняў канцэнтрацыі і ступені памолу гідрамасы, вільгацеўтрымання вырабу, вызначаны ўзаемасувязі паміж імі, абумоўлены значэнні характарыстык гідрамасы, якія забяспечваюць аптымальныя значэнні такіх паказчыкаў прадукцыі, як маса сфармаванай загатоўкі, маса і вільгацеўтрыманне вырабу. На аснове даследаванняў рэалагічных уласцівасцей гідрасумесі ў залежнасці ад канцэнтрацыі і тэмпературы ўстаноўлена магчымасць рэгулявання рэжымаў тэхналагічнага працэсу вытворчасці фармаваных вырабаў. Сфарміравана матэматычная мадэль тэхналагічнага працэсу вытворчасці вырабаў фармаваннем з арганагеннай гідрамасы, якая ўключае мэтаваю функцыю ў выглядзе адносіны затрат магутнасці да прадукцыйнасці, а таксама сістэму абмежаванняў па якасных характарыстыках гідрамасы і балансавых суадносін. Прапанавана метадыка і распрацаваны рэкамендацыі па разліку аптымальных параметраў тэхналагічнага працэсу. Распрацавана праграмае забеспячэнне з выкарыстаннем электронных табліц для разліку ўдзельных затрат энергіі тэхналагічнай лініі згодна з прадстаўленай матэматычнай мадэллю.

Ступень выкарыстання: распрацаваныя метадыка і рэкамендацыі для павышэння эфектыўнасці вытворчасці выкарыстоўваюцца пры атрыманні фармаваных з арганагеннай гідрамасы вырабаў на ААТ «Зеленаборское».

Галіна прымянення: тэхналогія абагачэння і вакуумнага фармавання вырабаў з арганагеннай гідрамасы.

РЕЗЮМЕ

Шульдова Светлана Георгиевна

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ И ВАКУУМНОГО ФОРМОВАНИЯ ОРГАНОГЕННОЙ ГИДРОМАССЫ

Ключевые слова: обогащение, гидромасса, технология формования, физико-механические свойства, реологические кривые, оптимизация, методика определения, эффективность.

Объект исследования: технология обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы.

Цель работы: установление закономерностей и разработка научно-методических основ обеспечения оптимальных параметров технологического процесса производства изделий формованием из смеси жидкости с сырьем органогенного происхождения.

Методы исследования: лабораторные исследования физико-механических свойств гидромассы, статистический анализ, регрессионный анализ, математическое моделирование, вычислительный эксперимент.

Полученные результаты и их новизна: Установлены законы распределения значений концентрации и степени помола гидромассы, влагосодержания изделия, определены взаимосвязи между ними, обусловлены значения характеристик гидромассы, обеспечивающие оптимальные значения таких показателей продукции, как масса сформованной заготовки, масса и влагосодержание изделия. На основании исследований реологических свойств гидросмеси в зависимости от концентрации и температуры установлена возможность регулирования режимов технологического процесса производства формованных изделий. Сформирована математическая модель технологического процесса обогащения и вакуумного формования изделий из органогенной гидромассы, включающая целевую функцию в виде отношения затрат мощности к производительности, а также систему ограничений по качественным характеристикам гидромассы и балансовым соотношениям. Предложена методика и разработаны рекомендации по расчету оптимальных параметров технологического процесса. Разработано программное обеспечение с использованием электронных таблиц для расчета удельных затрат энергии технологической линии согласно представленной математической модели.

Степень использования: разработанные методика и рекомендации для повышения эффективности производства используются в производстве формованных из органогенной гидромассы изделий на ОАО «Зеленоборское».

Область применения: технологии обогащения и вакуумного формования изделий из гидромассы органогенного происхождения.

SUMMARY

Svetlana G. Shuldava

SUBSTANTIATION THE PARAMETERS OF ENRICHMENT AND VACUUM FORMING TECHNOLOGY FROM PULP OF ORGANOGENIC RAW MATERIALS

Keywords: pulp, technology of enrichment and vacuum moulding, physico-mechanical properties, rheological curves, optimization, method of definition, efficiency.

The objective of research: technology of enrichment and vacuum moulding products from pulp of organic raw materials.

Methods of research: laboratory research of physico-mechanical properties of pulp, statistic analysis, regression analysis, mathematical modeling, computer experiment.

The received results and their novelty: The laws of values distribution of concentration and grade of milling of pulp, moisture of moulding product are laid down, the interrelation between them is defined, the values of pulp's characteristics are conditioned which provide optimal values of such indicators of production as mass of moulding storage, mass and moisture of product. On the basis of rheological researches of pulp's features depending on concentration and temperature of pulp the possibility of regimes regulation of technological production process of the moulding products is established. The mathematical model has been formed which includes criterion function in the form of the relation of power to productivity, as well as the system of restrictions under qualitative characteristics of pulp and balance interrelations. The procedure is offered and recommendations are developed for the optimal parameters definition of technological process. The software has been developed using spreadsheets for calculation of specific energy expenses of a technological line according to the presented mathematical model.

Degree of usage: developed technique and recommendations for increase of production efficiency are used in production of moulding packing on Zelenoborsky enterprise.

The field of application: technologies of enrichment and vacuum forming technology from pulp of organogenic raw materials.

Научное издание

ШУЛЬДОВА
Светлана Георгиевна

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ
И ВАКУУМНОГО ФОРМОВАНИЯ ОРГАНОГЕННОЙ ГИДРОМАССЫ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 25.00.13 – обогащение полезных ископаемых

Подписано в печать 29.03.2012.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл.печ.л. 1,40. Уч.-изд.л. 1,09. Тираж 60. Заказ 367.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.