

Автореф. прор. Умиковского В. Ф.  
Н-34

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант НГУЕН ВАН ЛУА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ  
РИСОВОЙ ЛУЗГИ

Специальность 05.02.14 - машины и агрегаты  
пищевой промышленности

(Диссертация написана на русском языке)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Принят 19 84

Одесса - 1974

Автореферат  
Н

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант НГУЕН ВАН ЛУА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ  
РИСОВОЙ ЛУЗГИ

Специальность 05.02.14 - машины и агрегаты  
пищевой промышленности

(Диссертация написана на русском языке)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1974

✓ 014419

Автореферат Нгуен Ван  
Н<sup>34</sup> Луа  
Исследование проц.  
1974  
✓ 014419 5/15


Поверніть книгу не пізніше  
зазначеного терміну


Работа выполнена в Одесском технологическом институте  
пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Научные руководители:

Доктор технических наук, профессор М.Я. ДЖИС;  
кандидат технических наук, доцент И.К. ЧАЙКА

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор БУРЕНКОВ Н.А.,  
кафедра процессов и аппаратов Киевского института пищевой  
промышленности им. А.И.Микояна  
кандидат технических наук, доцент БОРОДЯНСКИЙ В.П.,  
зав.кафедрой теоретической механики Краснодарского поли-  
технического института.

Оппонирующая организация:

Северокавказский филиал института ВНИИсинтезбелок  
(г.Краснодар).

Автореферат разослан " 22 " октября 1974 г.

Защита диссертации состоится 22 ноября 1974 г. в 10<sup>00</sup> час.  
на заседании Ученого Совета Одесского технологического института  
пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах присылать по адресу:  
270039, Одесса-39, Свердлова, 112, Технологический институт  
пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

канд. техн. наук

И.А. ЗАПОРОЖЕЦ

Одесский технологический  
институт пищевой промышленности  
Библиотека

Использование отходов зерноперерабатывающей промышленности  
составляет большую проблему и особенно это касается рисовой луз-  
ги, т.к. производство риса-зерна с каждым годом возрастает. Ми-  
ровое производство риса в сезон 1969-1970 г.г. составило 194 млн.  
тонн. При переработке этого количества риса в крупу, выход лузги  
определяется в 35 млн.тонн.

Южный Вьетнам признают складом риса Восточной Азии. Ныне, на  
Севере Вьетнама (ДРВ) каждый год производится свыше 5 млн.тонн ри-  
са-зерна.

В Советском Союзе в 1975 г. планируется заготовить 1,4 млн.  
тонн риса-зерна. При переработке его на крупу будет получено  
263 тыс. тонн лузги.

При переработке одна пятая часть риса-зерна получается в ви-  
де отходов, и поэтому реализация лузги является важной задачей  
для народного хозяйства.

Рисовая лузга на зерноперерабатывающих предприятиях накапли-  
вается в огромных количествах, засоряет территорию, создает угро-  
зу пожаров и занимает земельные площади и т.д.

Основным фактором, препятствующим в настоящее время исполь-  
зованию рисовой лузги в промышленности, является ее малая объем-  
ная (насыпная) масса, равная 105-150 кг/м<sup>3</sup>, что связано с больши-  
ми затратами на перевозки и требует больших емкостей для хранения.

Учитывая народнохозяйственную значимость использования рисо-  
вой лузги, основной задачей выполняемой работы является разработ-  
ка и обоснование наиболее целесообразного способа увеличения  
объемной массы рисовой лузги с целью повышения ее транспортабель-  
ности. Решение поставленной задачи потребовало выполнения следую-  
щих основных исследований:

I. Исследование физико-химических свойств рисовой лузги.

2. Изучение влияния физико-механических свойств рисовой лузги и параметров рабочих органов прессующей установки на изменение плотности и прочности полученных брикетов.

3. Разработка схемы технологического процесса брикетирования рисовой лузги на гидравлических прессах.

4. Составление технико-экономической эффективности брикетирования рисовой лузги.

Основной целью данной работы является повышение уровня эффективного использования рисовой лузги, как ценного сырья для гидролизной промышленности.

В диссертационной работе, изложенной на 100 страницах машинописного текста, приведены 47 таблиц, 54 рисунков, 4 сводные таблицы в приложении. В списке использованной литературы приведено 111 наименований на русском и иностранных языках.

#### I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РИСОВОЙ ЛУЗГИ

Использование отходов рисоэаводов является необходимой задачей, которой занимаются не только в Советском Союзе, но и во всех странах, производящих рис.

Известно, что рисовая лузга находит разные пути ее использования. В качестве удобрения: в Японии, Иране, Корее, Цейлоне вносят в почву рисовую лузгу совместно с рубленой соломой, в результате чего наблюдался хороший эффект. Однако не выяснено, что дает эффект: лузга или солома. В качестве топлива: в ГДР, Индии, Бирме, Индокитае рисовая лузга идет на сжигание. Этот путь необходимо признать нецелесообразным, т.к. при сгорании образуется много золы (около 20%). Рисовая лузга применяется для изготовления бумаги, но к недостатку при этом относится отсутствие длинных волокон. Как абразивный материал: в Индии рисовая лузга применяется для полировки рисовой крупы, в Африке ее используют как добавки для

приготовления абразивных мыльных суспензий для полировки металлов и пластмасс. В производстве стройматериалов из рисовой лузги выпускают различные виды плит.

Для корма животных: однако, последние исследования, проведенные в США, Италии, Испании показали, что использовать рисовую лузгу для кормления в чистом виде нецелесообразно, а в некоторых случаях вредно, поскольку соли кремниевой кислоты не усваиваются организмом животных. Поэтому перед использованием для этих целей рисовую лузгу необходимо переработать в кормовые дрожжи на гидролизных предприятиях.

По данным химического состава рисовая лузга — ценное сырье для гидролизной промышленности. Проведенные ВЗИИП технико-экономические разработки показали, что наиболее реальным направлением в использовании рисовой лузги является плановый отпуск ее гидролизным заводам.

Прессованием рисовой лузги частично занимаются Бородинский В.П., Дудкин М.С., Мерко И.Т., Чайка И.К.

Судя, однако, по литературным данным, до настоящего времени исследования возможности получения брикетов рисовой лузги в Советском Союзе и за рубежом не проводили. Это определило тему настоящей диссертационной работы.

Решение проблемы производства брикетов рисовой лузги связано с разработкой технологии брикетирования, изучением наиболее существенной закономерности уплотнения лузги в матрице, прочностных свойств брикетов и физико-механических свойств рисовой лузги.

## II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ РИСОВОЙ ЛУЗГИ

### 2.1. Теория образования брикетов

Прессование – как механический способ обработки сыпучих и порошковых материалов – основано на свойствах сыпучих материалов уплотняться под действием внешней нагрузки. Образование брикета является сложным физико-химическим процессом. Для различных по своей природе и строению порошковых, волокнистых и других материалов силы, ответственные за формирование брикета, неодинаковы; поэтому, видимо, практически невозможно иметь одну охватывающую все случаи теорию образования брикета.

Существует много теорий, объясняющих силы, обеспечивающие прочность брикета, спрессованного из сыпучих, порошковых материалов: битумная гипотеза, капиллярная теория, гумино-кислотная теория, коллоидная и молекулярная теория.

Наиболее признание для обоснования теоретических основ связывания частиц при прессовании получили капиллярная и молекулярная теории. Молекулярная теория базируется на термодинамической теории прилипания академика Б.В.Дерягина. Однако нельзя объяснить за счет одного вида силы сцепления для одних и тех же уплотняемых материалов, имеющих различную влажность, температуру, дисперсный состав и прессуемых при разных давлениях.

Выяснение вида силы сцепления в брикете для данного материала можно определить экспериментально. Исследования процесса брикетирования проводились советскими и зарубежными учеными.

Вопросам прессования различных дисперсных материалов посвящено большое количество исследований. Г.И.Аксенов, М.Ю.Бальшин, Ю.Г.Дорофеев, Г.М.Жданович, К.А.Конопицкий, Н.Ф.Кунин, Г.А.Меерсон, В.С.Раковский и др. исследовали процесс прессования метал-

лических порошков и их смесей; Г.Агде, М.Г.Акопов, К.Кегель, Л.А.Дурье исследовали процесс брикетирования угля; Б.А.Богатов, М.Г.Буллинко, И.И.Беркович, Б.И.Зиков, Н.В.Земцов, В.М.Наумович и др. исследовали процесс прессования торфа; процесс прессования сахара-кашки изучали Д.З.Новиков, А.Н.Степанов; муки, отрубей и комбикормов – М.П.Зайцев, Немирович-Данченко, В.Я.Деменко и др.; древесных отходов – А.Н.Ерошкин, Н.А.Модин; свекловичного жома – В.П.Бородянский, Ю.Ю.Дербенев, Н.Е.Караулов, М.Г.Парфенуло; сена, соломы, подсолнечной лузги, пищевых концентратов – С.А.Алферов, Н.Н.Довгаль, А.А.Колотев, Б.Ф.Соколов, О.В.Непомнящий и др.; процесс гранулирования гидролизных дрожжей исследовали А.Д.Чмырь, А.Д.Дятлов, А.И.Рыбак, А.Я.Шлянов и др.

Теоретические основы обоснования процесса прессования дисперсных сыпучих материалов базируются на фундаментальные труды по физико-химической механике ведущих ученых: академиков П.А.Ребиндера, Б.В.Дерягина, М.П.Воляровича и др.

На процесс прессования влияют как физико-механические свойства брикетируемых материалов, так и условия осуществления самого процесса. Коэффициент бокового давления, трение материала о стенки матрицы; влажность, температура, режим прессования, время выдержки брикета под давлением, число нагружений и т.д.

После снятия давления прессования происходит упругое расширение брикета, в основном, по противоположному действию нагрузки. Исследования многих авторов показали, что упругое расширение брикета вызывает не только упругость прессуемых материалов, но и давление запрессованного в нем воздуха. Поэтому большое внимание уделяют исследователи удалению воздуха при прессовании. Исследовали прессование различных материалов в вакууме и было найдено оптимальное значение давления воздуха.

Закономерность процесса брикетирования является зависимостью

уплотнения материала от давления прессования при конкретных условиях. Более того, для различных материалов эти зависимости имеют различный характер. Поэтому затруднительно обосновывать математически общие закономерности для всех брикетируемых материалов. Это заставляет многих авторов искать эмпирические зависимости уплотнения материала от давления прессования.

### 2.2. Специфические свойства рисовой лузги при уплотнении

В табл. I представлены физические свойства и химический состав рисовой лузги, содержание в % на сухое вещество (где ЛПН, ТПН — легко-, трудногидролизуемые полисахариды).

Таблица I

Рисовая лузга	$\beta$ , кг/м <sup>3</sup>	Содержание в % на сухое вещество								
		W %	ЛПН	ТПН	Зола	Лигнин	Клетчатка	Общ. азот	S <sub>i</sub> O <sub>2</sub>	Жир
Кзыл-Ординская	105	6,5	18,40	35,40	20,60	21,60	41,50	0,40	19,6	1,2
Керченская	120	7,8	17,32	34,19	19,20	21,30	42,60	0,62	18,7	1,4

Видно, что в лузге содержится огромная пустота (объемная масса лузги  $\beta$  при плотности частиц лузги 1135 кг/м<sup>3</sup>).

При уплотнении рисовая лузга обладает большой упругостью; поэтому требует достаточно большое давление прессования. Она относится к труднопрессуемому материалу растительного происхождения. Большая величина усадки рисовой лузги при прессовании вызывает затруднительное применение существующих конструкций брикетных прессов. В этом случае высота засыпки рисовой лузги в матрицу:

$$H = \alpha h_p$$

( I )

характеризует длину хода пуансона пресса.

где:  $h_p$  — высота брикета,  
 $\alpha$  — коэффициент сжатия рисовой лузги, представляющий собой отношение плотности брикета  $\rho_p$  и объемной массы рисовой лузги  $\beta$ .

Перед прессованием рисовая лузга может подвергаться тепловой обработке. Как показано экспериментально, изменение температуры рисовой лузги в технологическом процессе не оказывает влияния на ее химический состав в процессе прессования.

### 2.3. Брикетные прессы

Конструкция существующих брикетных прессов разнообразна. Каждая конструкция отвечает определенным требованиям в соответствии с обрабатываемым материалом.

Брикетные прессы должны обеспечить: необходимое давление прессования для данного материала, плавное нарастание давления и замедление скорости прессования в конце хода процесса, время выдержки брикета под максимальным давлением, удаление воздуха из прессуемой массы, большую производительность при наименьшем расходе энергии, легкую замену матрицы и возможность регулирования хода пуансона.

Для сравнительной оценки приведены в табл.2 характеристики некоторых брикетных прессов, применяемых для брикетирования рисовой лузги. При этом производительность пресса определяется выражением:

$$Q = 3600 \frac{F H}{\alpha T} \rho_p, \quad \text{кг/ч} \quad ( 2 )$$

где:  $F$  — площадь сечения матрицы, м<sup>2</sup>;  
 $T$  — продолжительность цикла выпуска одного брикета, с;  
 $\rho_p$  — плотность брикета, кг/м<sup>3</sup>.

Как следует из табл.2, время прессования у кольцевого и штемпельного пресса мало и что отсутствует время выдержки брике-

Таблица 2

ПРЕССЫ	Уси- лие $P$ , МН	Сечение пресс- формы ( $\cdot 10^{-4}$ ) $F$ , $\text{м}^2$	Дав- ление прес- сова- ния $P$ , МПа	Высота засыпки ( $\cdot 10^{-2}$ ) $H$ , м	Плот- ность бри- кетов в матрице $\rho$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Число бри- кетов в мин. $n$	Произ- води- тель- ность $Q$ , $\text{кг}/\text{ч}$	Удель- ный расход энер- гии $E$ , $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{т}$	Метал- лоем- кость $C$ , $\text{т}/\text{т}$	Продол- житель- ность $T$ , с	$\frac{h_p}{d_s}$	Мощ- ность $N$ , $\text{кВт}$
Кольцевой, I	4,0	6,5x3,5	150	-	1158	24	2180	9,25	7,8	2,5	-	20,2
2 "	"	"	"	-	"	48	4360	9,23	-	1,25	-	40,2
3 "	"	"	"	-	"	72	6360	9,50	-	0,83	-	60,4
4 "	"	"	"	-	"	96	8550	9,42	-	0,62	-	80,5
5 "	"	"	"	-	"	120	11000	9,15	-	0,50	-	100,6
6 "	"	"	"	-	"	144	12820	9,95	-	0,41	-	127,0
7 "	"	"	"	-	"	168	14800	9,82	-	0,35	-	145,5
ПВН-350	3,5	9x12	150	10,5	1158	8	130	758	24,4	7,5	0,19	93,4
Штемпель- ный	1,6	18,5x7	130	35,0	1120	60	1600	100	33,8	1	0,27	160,0
Гидрав- лический	1,1	14x5,2	150	35,0	1158	60	1190	224	100	1	0,35	44,8
	2,5	0,785x15 <sup>2</sup>	140	35,0	1156	10	368	84	23,1	6	0,22	28,0
	2,5	0,785x15 <sup>2</sup>	140	36,0	1156	10	376	80	28,3	6	0,25	30,0
	6,3	0,785x25 <sup>2</sup>	125	50,0	1116	10	1445	38	17,3	6	0,20	55,0

та под давлением. Удельный расход энергии довольно высокий у штемпельного пресса. Все прессы (табл.2) дают тонкие брикеты рисовой лузги. Величина  $h_p/d_s$  (где  $d_s$  - эквивалентный диаметр брикета) низка. Поэтому полученные брикеты были непрочными. Этот недостаток вызывает необходимость конструктивного изменения тех брикетных прессов, которые будут применены для брикетирования рисовой лузги.

### III.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1. Программа исследования и экспериментальная установка

В задачу исследования входило определение:

- Зависимости удельного объема брикета лузги от давления прессования, влажности и температуры лузги;
- Коэффициента трения рисовой лузги о стенки стальной матрицы в процессе прессования и его изменения в зависимости от давления прессования, влажности и температуры лузги;
- Коэффициента бокового давления рисовой лузги и его зависимости от давления прессования, влажности и температуры лузги.
- Влияния влажности, температуры рисовой лузги и давления прессования на плотность и прочность полученных брикетов.
- Влияния времени выдержки брикета под давлением и нахождения брикета в матрице после снятия давления, а также числа циклов нагружений на характеристики брикетов;
- Изменения плотности и прочности брикетов в зависимости от поперечного сечения матрицы;
- Величины и характера упругого расширения брикета рисовой лузги.
- Остаточного бокового давления на стенки матрицы после снятия давления прессования.

Выполнение программы исследования было проведено на экспериментальной установке, схема которой представлена на рис.1. Гидравлический цилиндр 7 и запорный вентиль 12 позволяют осуществить одностороннее прессование. Сменные матрицы (прессформы) 2 и пуансоны 1 дают возможность варьировать начальный объем рисовой лузги и сечение матрицы. Насосы 14 и 16 создают давление в гидроцилиндре. Датчик 5 измеряет боковое давление, а датчик 9 - давление масла в гидроцилиндре. Датчик 4 измеряет давление на дно прессформы. Датчик 6 контролирует высоту брикета под давлением и в матрице. Программный механизм 17 через перепускной клапан 15 поддерживает заданный режим прессования.

Для изменения параметров процесса прессования были разработаны и изготовлены несколько типов датчиков. Усилие прессования определялось через давление масла в прессуемом гидроцилиндре, измеряемое тензометрическим датчиком, упругим элементом которого является полый цилиндр. На наружную поверхность цилиндра наклеена бифилярная обмотка из константановой проволоки. Давление на боковую стенку прессформы измерялось тензодатчиком трубного типа, упругий элемент которого изготовлен в виде кольца высотой 0,015 м и внутренним диаметром, соответствующим диаметру прессформы. Давление на дно прессформы измерялось тензометрическим датчиком мембранного типа. Конструкция датчика позволяла устанавливать его в специальном гнезде на нижней плите. Измерение высоты брикета в процессе сжатия осуществлялось датчиком реостатного типа, чувствительным элементом которого служила натянутая манганиновая нить.

Все датчики работали в комплексе с тензометрическим усилителем типа УТ-4-1 и магнитоэлектрическим светолучевым осциллографом типа Н-700. Контролирование температуры прессформы производилось дифференциальной термопарой медь-константан, работающей при помо-

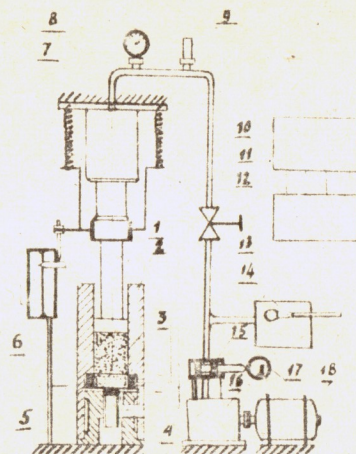


рис. 1

щи электронного потенциометра типа ЭП-09. Нагрев прессформы осуществлялся никромовой спиралью.

Прессование определенного объема рисовой лузги осуществлялось в стальной прессформе круглого сечения с чистой рабочей поверхностью  $\sqrt{7}$ .

### 3.2. Методы исследования

Объемная масса рисовой лузги определялась в литровой пурке с падающим грузом. Плотность частиц рисовой лузги определялась на специально изготовленном приборе, с помощью которого измерялся объем  $V_n$ , занимаемый предварительно взвешанным материалом  $M$ .

$$\rho_n = \frac{M}{V_n} \quad (3)$$

Прочность брикета рисовой лузги на изгиб  $\sigma_u$  определялась по зависимости

$$\sigma_u = \frac{3 P_r}{2 h^2} \quad , \text{ МПа} \quad (4)$$

где:  $P_r$  - изгибающее усилие, мН;

$h$  - испытываемая высота брикета, м.

Брикет рисовой лузги нагружался со стороны призмы изгибающим усилием  $P_r$  до разрушения.

Прочность брикета на удар  $A$  определялась на копре. Удельную кинетическую энергию разрушения брикета определяли как

$$A = \frac{MgH}{m_1} \quad , \text{ Дж/кг} \quad (5)$$

где:  $M$  - масса падающего груза, кг;

$g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$m_1$  - масса брикета, кг;

$H$  - высота падения, м.

Испытание прочности на встряхивание производилось на ситовом анализаторе типа ФР-1 марки 026. Диаметр отверстий сита 0,005 м,

число колебаний анализатора 160 об/мин., амплитуда колебаний 0,03м. После просеивания 10, 20, 30 мин. остаток массы брикета на сите взвешивали на технических весах. Прочность в этом случае вычисляли в процентах по отношению:

$$K_j = \frac{m_j}{m_1} \cdot 100\% \quad (6)$$

где:  $j = 1, 2, 3$  - соответственно 10, 20, 30 мин. просеивания;

$m_j$  - остаток массы брикета на сите, кг,

$m_1$  - масса брикета до просеивания, кг.

Эти показатели использовали лишь для сравнительной оценки прочности брикетов, полученных при различных условиях прессования.

Перед прессованием рисовую лузгу очищали от мелких фракций (мучки, мелких частиц лузги) на сите 0,005 м. Затем лузгу увлажняли до необходимой влажности и подогревали до исследуемой температуры в термостате.

Определенная порция рисовой лузги с точностью до  $\pm 0,5$  г помещалась в стальную прессформу сверху, без предварительного уплотнения. Прессующий пуансон приводили до прикосновения олоя рисовой лузги к матрице с помощью гидронасоса с ручным приводом. После этого начинали процесс прессования.

Измеряемые величины записывались на ленте осциллографа.

Согласно программе исследования было проведено 12 серий экспериментов, в которых варьировалось давление прессования, температура, и влажность лузги, режим прессования, масса рисовой лузги и т.д.

Давление прессования определялось как:

$$P = \frac{P}{F} \quad \text{МПа} \quad (7)$$

где:  $P$  - усилие прессования, мН;

$F$  - площадь поперечного сечения матрицы, м<sup>2</sup>.

Удельный объем брикета  $\nu$  определялся по выражению

$$\nu = \frac{F \cdot h_p}{m}, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (8)$$

где:  $h_p$  - высота брикета в матрице, м,  
 $m$  - масса порции лузги, кг.

Коэффициент бокового давления  $\xi$  и коэффициент трения рисовой лузги о стенки матрицы  $f$  находились из соотношений:

$$\xi = \frac{P_s}{P} \quad ; \quad f = \frac{P - P_0 F}{P_s \gamma h_p} \quad (9)$$

где:  $P_s$  - боковое давление, МПа,  
 $P_0$  - давление на дно матрицы, МПа,  
 $\gamma$  - периметр матрицы, м.

Величина  $(P - P_0 F)$  представляет собой силу трения брикета о стенки матрицы.

Полученные осциллограммы обрабатывались по методу математической статистики. Для каждого значения ряда давления прессования определялось среднее арифметическое значение измеряемой величины  $\bar{X}$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ , предельная погрешность экспериментальной средней  $\Delta$ . Повторность эксперимента была восьмикратной, что обеспечивало в пределах 95% вероятности предельное отклонение экспериментальной от средней генеральной совокупности  $\pm (2,0 + 7,0\%)$ .

Извлеченные из матрицы брикеты взвешивали и измеряли размеры в разные промежутки времени; плотность брикетов вычисляли по отношению

$$\rho_i = \frac{4m_i}{\pi d_i^2 h_i}, \text{ кг/м}^3 \quad (10)$$

где  $i = 1, 2, 3, 4$  соответственно промежутки времени: после извлечения из матрицы, через 1; 24 часа и 2 недели,

$d_i, h_i$  - диаметр и высота извлеченного брикета, м.

Относительное упругое расширение брикета

$$\varepsilon_i = \frac{V_i - V_0}{V_0} \cdot 100\% \quad (11)$$

где  $V_i$  - объем брикета в  $i$ -ом промежутке времени,  
 $V_0$  - минимальный объем брикета под максимальным давлением.  
Через 24 часа и 2 недели после извлечения из матрицы брикеты испытывали на прочность.

#### IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И ИХ АНАЛИЗ

##### 4.1. Коэффициент бокового давления и коэффициент трения лузги о стенки матрицы

Коэффициент бокового давления  $\xi$  и коэффициент трения рисовой лузги о стенки матрицы  $f$  характеризуют физико-механические свойства лузги. В результате обработки осциллограммы получены экспериментальные значения  $\xi$  и  $f$ , представленные на рис. 2, 3.

С увеличением давления прессования  $P$ , влажности  $W$  и температуры лузги  $t$  наблюдается уменьшение  $f$  и увеличение  $\xi$ . При математической обработке были получены эмпирические формулы для расчета  $\xi$  и  $f$ :

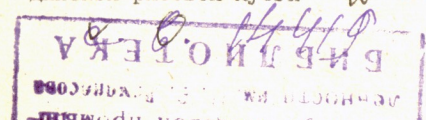
$$\xi = \frac{P}{(31,278 - 1,699W - 0,550t) + (4,500W - 9,370)P} \quad (12)$$

$$f = \frac{1}{(-2,164 + 0,505W - 0,028t) + (-0,085 + 0,005W + 0,002t)P} \quad (13)$$

Эти формулы дают сходимость с экспериментальными данными до 2 - 4 %.

##### 4.2. Процесс сжатия рисовой лузги в матрице

На рис. 4 изображена кривая сжатия при прессовании Кзыл-Ординской рисовой лузги  $W = 10\%$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ .



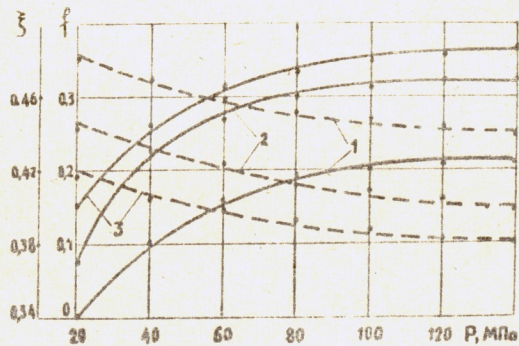


Рис.2: 1-w-8, 2-w-10, 3-w-12%  
 — ξ, - - - f

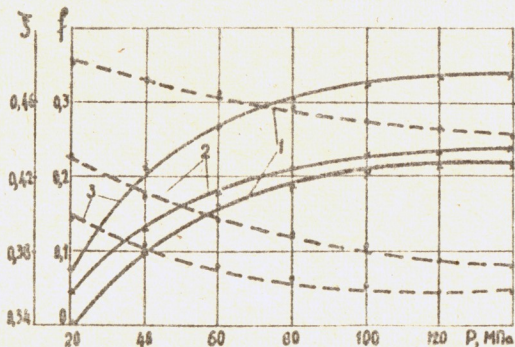


Рис.3: 1-t-35, 2-t-50, 3-t-80°C  
 — ξ, - - - f

Уменьшение объема лужги от начального удельного объема  $v_0 = 9,520 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$  (соответственно объемной массе  $105 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) до  $v_0' = 1,910 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$  (точка А) протекает без нарастания давления. На этом этапе уплотнения происходит лишь переукладка частиц рисовой лужги. При дальнейшем уменьшении объема начинается рост сопротивления сжатию лужги. При росте P до 80 МПа, основная часть (около 76,5%) рисовой лужги уплотнена. При дальнейшем уплотнении скорость деформации частиц лужги резко уменьшается, а сопротивление быстро растет. После снятия давления, в матрице брикет рисовой лужги терял около 10% плотности (точка В).

Большая величина усадки лужги при сжатии; это говорит о том, что в массе рисовой лужги содержится большое количество воздуха, удаление которого при прессовании влияет на процесс образования брикета.

При увеличении W, t лужги соответственно увеличивается кривизна этих кривых сжатия. Однако они мало отличаются друг от друга и пересекаются при P = 120 - 140 МПа. В этом случае W, t уменьшает трение частиц лужги о стенки матрицы.

Процесс прессования рисовой лужги условно разделяется на три этапа:

- переукладка частиц: на этом этапе частицы относительно свободно перемещаются в матрице, практически не оказывая сопротивления этому перемещению и одновременно из матрицы удаляется основное количество воздуха, материал ведет себя подобно вязкой жидкости;
- при дальнейшем уплотнении сопротивление сжатию начинает возрастать и наряду с необратимыми деформациями начинают появляться и упругие, доля которых в дальнейшем все увеличивается;
- при некоторой величине напряжений, испытываемых частицами, их материал начинает течь, появляются пластические деформации, со-

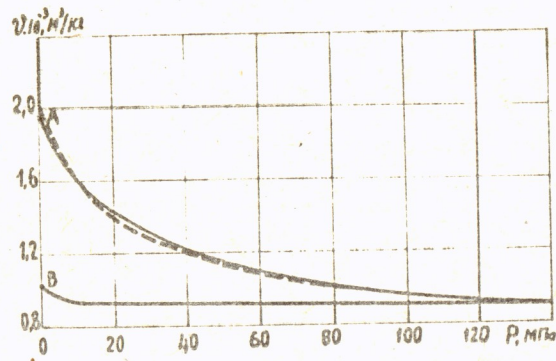


Рис. 4

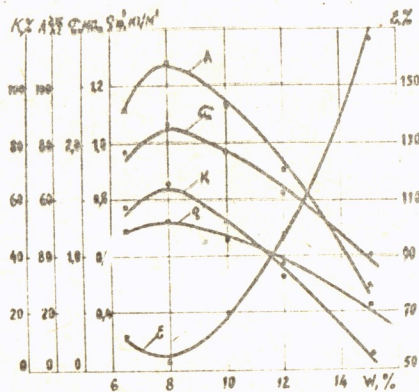


Рис. 5

проводяемые формоизменением частиц и дальнейшим снижением пустот в сыпучем материале;

Основной характеристикой процесса прессования является зависимость уплотнения рисовой лузги от давления прессования. Нам представляется, что наилучшим образом такая зависимость выполнит свое назначение, если она будет выражена в виде зависимости  $P = \varphi(\delta)$ , где  $\delta$  - удельный объем рисовой лузги. Поскольку эта зависимость дает наглядное представление о процессе уплотнения.

Изменение объема рисовой лузги лишь во втором и третьем этапах может быть описано обычным реологическим уравнением зависимости объема брикета от давления прессования  $P = \varphi(\delta)$ . Однако, реологическое уравнение не всегда описывает точно протекающий процесс уплотнения для различных материалов. Кроме того, в некоторых случаях требуется экспериментальное определение коэффициентов, входящих в уравнение, теоретически полученное в результате интегрирования данного реологического уравнения, на что затрачивается большая трудоемкость. Более того, теоретическое уравнение имеет сложный вид, неудобный для расчета.

Это заставило нас искать зависимость  $P = \varphi(\delta)$  методом обработки экспериментальных данных в более удобном для практики виде. Вид экспериментальной кривой сжатия лузги подобен графику параболы функции. В результате обработки экспериментальных данных методом средних величин и наименьших квадратов было получено уравнение:

$$P = c + a v^b \quad (14)$$

где:

$$c = (74,400 + 4,636W) \cdot 10^{-0,006t}$$

$$a = 10 (4,666 - 0,408W - 4,635 \lg t)$$

$$b = (0,676 - 0,128W - 1,455 \lg t)$$

Пунктирная линия на рис. 4 показывает расчетную кривую сжатия рисовой лузги  $W = 10\%$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ .

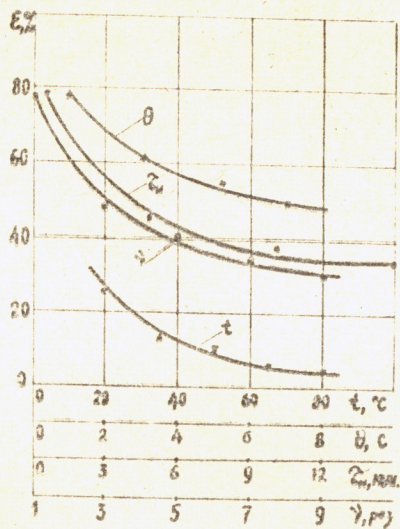


Рис. 6

4.3. Влияние давления прессования, влажности и температуры рисовой лузги на прочность, плотность и упругое расширение полученных брикетов

Определение влияния этих факторов на прочность, плотность и упругое расширение брикетов рисовой лузги показало, что:

а) как и следовало ожидать, с ростом давления прессования с 78 до 140 МПа прочность  $\sigma_u$ ,  $K_j$ ,  $A$  и плотность  $\rho_c$  увеличиваются, а упругое расширение брикета уменьшается. Брикетирование рисовой лузги необходимо осуществлять на прессах, развивающих удельное усилие прессования не менее 140 МПа (1400 кг/см<sup>2</sup>);

б) наличие некоторого количества воздуха в брикете (20%) свидетельствует о том, что пластическая деформация частиц рисовой лузги происходит за счет формоизменения с частичным разрушением, форма частиц после прессования стала плоской;

в) упругое расширение брикетов рисовой лузги происходит, в основном, по высоте брикета и за первый час после извлечения из матрицы;

г) плотность и прочность брикетов связаны с величиной упругого расширения, таким образом, что чем меньше упругое расширение, тем больше плотность и прочность;

д) влажность, как основной фактор, играет двойную роль в процессе прессования. Она уменьшает трение частиц о стенки матрицы, одновременно препятствует сближению частиц лузги при уплотнении. В данном интервале давления прессования, основной силой сцепления частиц лузги в брикете является капиллярная сила. Влажность рисовой лузги 7-9% обеспечивает наилучшие условия образования капиллярных сил сцепления. На рис.5 показаны графики зависимости от  $W$  плотности, прочности и упругого расширения брикетов, полученных через сутки после извлечения из матрицы;

е) для рисовой лузги, имеющей большую начальную влажность

чем 6,5% при одном и том же давлении прессования, вершина графика плотности, прочности и упругого расширения брикетов смещается влево;

ж) было установлено, что прессование нагретой рисовой лузги до 80°C в горячей матрице значительно повышает прочность и плотность ее брикетов. При этом упругое расширение уменьшилось более чем в 10 раз (рис.6) и поверхность полученных брикетов становилась гладкой. Тепловая обработка увеличивает подвижность частиц лузги, которые при прессовании легче смещаются друг относительно друга. При этом уменьшается вязкость воды в капиллярах, что облегчает ее выход из капилляров под действием давления.

Однако при нагреве рисовой лузги свыше 70°C плотность брикетов медленно растет, а прочность при изгибе уменьшается из-за хрупкости лузги.

#### 4.4. Влияние фактора времени на упругое расширение брикетов рисовой лузги

Результаты исследования представлены на рис.5. Данные эксперимента показали, что увеличение времени выдержки  $\theta$  брикета под максимальным давлением (до 7 с) увеличивает плотность и прочность брикетов на 20% и уменьшает упругое расширение более чем на 30%. Было установлено, что при прессовании рисовой лузги продолжительность действия давления не должна быть меньше 1 с, но желательно в пределах 2 + 3 с.

Как и следовало ожидать, с увеличением кратности прессования  $\nu = (I-9)$  увеличивается плотность (631-860 кг/м<sup>3</sup>) прочность при ударе (76-180 дж/кг) и уменьшается расширение брикетов 78 - 50 % (рис.6). Это объясняется тем, что в данном случае время прессования проявляется в виде суммы времени каждого нагружения. Кроме того, каждое повторное прессование создает дополнительную остаточную

деформацию в зоне пор в брикете и рисовая лузга, как будто испытывает "усталость", теряет тенденцию возвращения в первоначальное состояние.

Чем больше времени  $\zeta_n$  брикет рисовой лузги находился в матрице после снятия давления прессования, тем больше конечная плотность, прочность брикетов и тем меньше упругое расширение брикетов (рис.6). Это говорит о том, что процесс релаксации напряженного состояния брикета продолжается за счет того, что граничная часть упругой деформации превращается в пластическую. Однако, при увеличении  $\zeta_n$  (от 0,5 до 15 мин.) упругое расширение брикета уменьшилось почти на 50%. Эффективное повышение плотности, прочности и уменьшение упругого расширения брикетов на участке  $\zeta_n = I - 5$  мин. (рис.6).

Исследование влияния других параметров на плотность, прочность и упругое расширение брикетов рисовой лузги дало следующие результаты.

При прессовании рисовой лузги под давлением 140 МПа с очень медленной скоростью ( 0,005 м/с ) были получены непрочные брикеты. С уменьшением скорости прессующего пуансона растет трение лузги о стенки матрицы. Трение затрудняет и препятствует частицам лузги при уплотнении заполнять поры.

Было установлено, что в исследуемом пределе изменения диаметра матрицы ( 0,032 - 0,045 м ) наблюдалось незаметное влияние на плотность, прочность и упругое расширение брикета.

Как показали эксперименты, снижение плотности брикетов происходит вследствие деформации упругого последствия. Брикеты рисовой лузги очень чувствительны к влаге. Это имеет важное значение при их хранении и транспортировании, с другой стороны ускоряется процесс гидролиза.

4.5. Энергетический анализ процесса прессования рисовой лужги

При брикетировании энергия затрачивается на деформацию частиц рисовой лужги и на преодоление трения сжимаемой лужги о стенки матрицы. На уплотнение 1 кг рисовой лужги от удельного объема  $V_0$  до  $V$  расходуется работа

$$E_{y\partial} = - \int_{V_0}^V P dV \quad (15)$$

Заменяя  $dV$  его значением из уравнения (14), получаем

$$E_{y\partial} = - \int_0^P \frac{1}{b a^{\frac{1}{\beta}}} P(P-c)^{\frac{1}{\beta}-1} dP$$

и после интегрирования получаем

$$E_{y\partial} = 10^3 \Psi [(P-c)^{\frac{\beta}{\beta+1}} (P+bc) + \chi] \quad \text{кДж/кг} \quad (16)$$

где  $P$  - давление прессования, МПа,

$$\Psi = - \frac{1}{(1+b)a^{\frac{1}{\beta}}}; \quad \eta = \frac{1}{b}; \quad \chi = b(c)^{\frac{\beta+1}{\beta}}$$

Было установлено, что с увеличением влажности  $W$  и температуры  $t$  рисовой лужги удельная энергия  $E_{уд}$  уменьшается, а с увеличением давления прессования, затраченная  $E_{уд}$  увеличивается.

Для каждого мгновения процесса удельная мощность прессования рисовой лужги определена как

$$N_{y\partial} = \frac{dE_{y\partial}}{d\tau_{y\partial}} = \rho \frac{dV}{d\tau} \quad (17)$$

Так как в процессе прессования давление повышается, то при постоянной скорости движения прессующего пуансона, мощность процесса повышается с повышением давления к концу прессования, что

с точки зрения конструирования машины и ее эксплуатации крайне нежелательно. В этом случае величина неравномерности мощности довольно значительна

$$\omega = \frac{N_{y\partial}^{max} - N_{y\partial}^{min}}{N_{y\partial}^{cp}} \quad (18)$$

где  $N_{y\partial}^{max}$  - удельная мощность прессования рисовой лужги при  $P = P_{max}$

$N_{y\partial}^{min}$  - то же при  $P = P_{min} = 0$

$N_{y\partial}^{cp}$  - средняя удельная мощность прессования, определяемая по зависимости

$$N_{y\partial}^{cp} = \frac{E_{y\partial} \cdot k}{\tau_k}$$

$E_{уд \cdot k}$  - удельная работа за время прессования  $\tau_k$ . Для рисовой лужги величина  $\omega > 3$ .

Для проектирования процесса прессования с постоянной мощностью во всем диапазоне давлений, необходимо уменьшить скорость движения прессующего пуансона с повышением давления. Уравнение движения пуансона найдено при условии  $N_{y\partial}^{cp} = const$ , используя уравнение (17), (14):

$$f(K_v) = AK_v + BK_v^{\beta+1} - (A+B + DK_{\tau}) = 0 \quad (19)$$

где  $K_v = \frac{v}{v_0}$ ,  $K_{\tau} = \frac{\tau}{\tau_k}$ ,  $A = \frac{c(\beta+1)B}{a v_0^{\frac{1}{\beta}}}$

$$B = \frac{1}{(\beta^{\beta+1} - 1)}, \quad D = 1 + A(\beta - 1)$$

$\beta = K_v$  в конце процесса прессования при  $P = P_{max}$ ,

$$v = v_{min}, \quad \tau = \tau_k.$$

$\tau$  - текущее значение времени прессования.

Приближенным методом определяем  $K_v$ , задаваясь значениями  $K_{\tau} = 0,1; \dots; 1$ . Удельный объем брикета рисовой лужги в мат-

рише находим по зависимости

$$V = K_v \cdot V_0' \quad (20)$$

где  $V_0'$  - удельный объем рисовой лузги, при котором начинается появление сопротивления сжатию, определяемый по уравнению (14).

У. СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ  
РИСОВОЙ ЛУЗГИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
БРИКЕТИРОВАНИЯ РИСОВОЙ ЛУЗГИ

5.1. Брикетирование рисовой лузги на прессе Б-0134

Исследование процесса прессования рисовой лузги Каланчакско-го рисоавода Херсонской области проводились в производственных условиях цеха брикетирования соли шахты им.Володарского в г.Артемовске Донецкой области.

Процесс прессования проводили на гидравлическом прессе для брикетирования соли модели Б-0134 Одесского завода "Прессов".

Основная задача производственных исследований сводилась к проверке возможности получения в производственных условиях брикетов рисовой лузги и выявлению недостатков пресса Б-0134 при работе на рисовой лузге, с целью выдачи рекомендаций по усовершенствованию пресса Б-0234, рекомендуемого для промышленного брикетирования рисовой лузги.

Результаты исследования показали, что при уменьшении диаметра прессформы соответственно увеличивается плотность и прочность брикетов, однако при этом производительность пресса снижается (табл.3). Переход с одной к двум подпрессовкам приводит к повышению производительности пресса. При брикетировании рисовой лузги на гидравлическом прессе Б-0134 с одной подпрессовкой получены тонкие брикеты из-за малого хода пуансона.

Проведенное прессование рисовой лузги показало возможность получения брикетов на гидравлическом прессе в производственных условиях.

Таблица 3

ПОКАЗАТЕЛИ	Пресс Б - 0134 250.10 <sup>4</sup> Н	
Диаметр прессформы, м	0,125	0,150
Давление прессования, МПа	200	140
Плотность брикета, кг/м <sup>3</sup>	918	832
Прочность брикета при сбрасывании (потеря массы брикета в %)	27	34
Число подпрессовок	1	2
Производительность пресса, кг/ч	360	488
Насыпная масса брикетов, кг/м <sup>3</sup>	720	653
Время разрушения брикета в воде, с	100°С	25
	18°С	135
		22
		126

Показано, что для повышения производительности пресса и улучшения качества брикетов рисовой лузги необходимо:

- дополнительно монтировать уплотнительный питатель пресса,
- добавить подпрессовочный механизм,
- установить новую прессоформу нагревателя.

5.2. Схема технологического процесса брикетирования рисовой лузги

На основании полученных экспериментальных данных разработана схема технологического процесса брикетирования рисовой лузги на гидравлических прессах Б-0234 (рис.7).

Рисовая лузга направляется транспортером в цех брикетирования. Из циклона-разгрузителя 1 лузга, проходя через магнитную защиту 2 и автоматические весы 3, поступает в бункера 4. Схемой предусмотрена возможность досушки рисовой лузги на шнековой су-

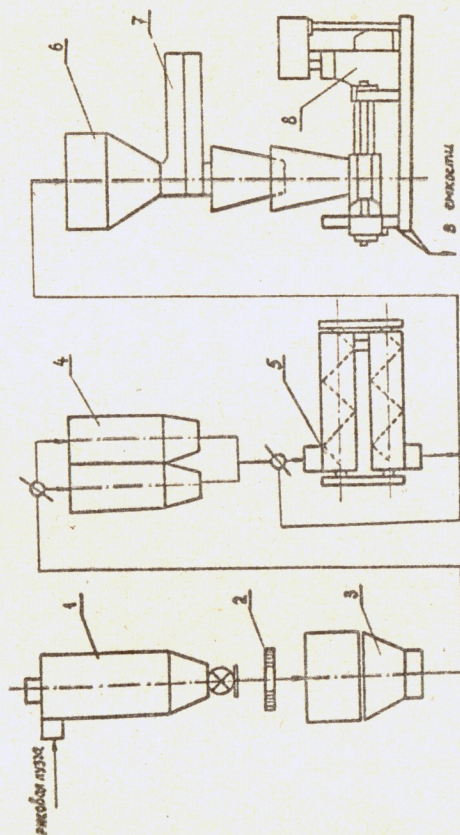


Рис. 7.

шилке 5 до влажности  $6 \pm 0,5\%$ . После сушки лужга поступает в бункер 6 над паровым подогревателем 7, который острым паром осуществляет тепловую обработку лужги для повышения ее пластичности. В подогреватель подводится пар давлением  $(2,5-3,0) \cdot 10^5$  Па. Из подогревателя увлажненная и подогретая лужга с  $t = 70-80^\circ\text{C}$  и  $W = 7-9\%$  направляется в пресс 8. После прессования готовые брикеты направляются в емкости над железной дорогой, откуда брикеты будут загружаться в вагоны.

### 5.3. Технико-экономическая эффективность брикетирования рисовой лужги

Величину годового экономического эффекта от внедрения брикетирования рисовой лужги на Кызыл-Ординском комбинате хлебопродуктов производительностью 240000 тонн в год находили методом сопоставления удельных затрат при отпуске рисовой лужги в натуральном и брикетированном виде. В основу расчета положена типовая методика определения экономической эффективности внедрения новой техники и капиталовложений, утвержденная Госпланом и Президиумом АН СССР.

Принимая норму выхода лужги 20% от веса перерабатываемого зерна, годовой объем рисовой лужги вышеуказанных рисозаводов будет 40000 тонн. По распоряжению Совета Министров СССР № 1366 р от 24 июня 1972 г. отпуск рисовой лужги Чимкентскому гидролизному заводу с Кызыл-Ординского комбината хлебопродуктов (расстояние между двумя заводами 400 км) в 1975 г. должен составлять 15000 тонн. При этом производственную мощность цеха брикетирования рисовой лужги необходимо установить в размере 18000 тонн в год.

Годовой экономический эффект от организации брикетирования 18000 тонн рисовой лужги составляет 31800 руб. в год, срок окупаемости 5 лет.

При приобретении 1 тонны брикетированной рисовой лозги с учетом прибыли 1,88 руб. на 1 тонну экономит рисо завод 1,82 руб. Годовая экономия на Чимкентском гидролизном заводе составит за счет этого 32760 руб. Кроме того, при переработке брикетированной рисовой лозги на гидролизном заводе увеличится выход гидролизата из единицы веса лозги. Поэтому прибыль гидролизного завода увеличится еще больше.

#### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. По физико-механическим свойствам и химическому составу рисовая лозга является ценным сырьем для гидролизной промышленности.

2. Основным фактором, препятствующим промышленному использованию рисовой лозги, является ее малая объемная (насыпная) масса, равная 105-150 кг/м<sup>3</sup>.

3. Исследование влияния физико-механических свойств рисовой лозги и параметров рабочих органов прессовой установки на изменение плотности и прочности полученных брикетов позволило установить существенную зависимость их от давления, влажности и температуры лозги:

а) при изменении влажности от 6,5 до 8,0% плотность брикетов повышалась от 684 до 712 кг/м<sup>3</sup>, а при дальнейшем увеличении влажности до 15% плотность брикетов снижалась до 446 кг/м<sup>3</sup>, соответственно изменялись и прочностные свойства брикетов;

б) при изменении температуры прессуемой лозги от 20 до 65°C, при прочих равных условиях, плотность брикетов повышалась от 917 до 1129 кг/м<sup>3</sup>, а прочность при изгибе увеличивалась от 5,19 до 8,42 МПа;

в) повышение давления прессования от 78 до 140 МПа увеличивало плотность брикетов от 524 до 826 кг/м<sup>3</sup>, прочность при изгибе от 1,36 до 3,56 МПа.

4. Полученные результаты по исследованию влияния физико-механических свойств рисовой лозги и параметров рабочих органов прессовой установки на изменение плотности и прочности брикетов позволили установить технологически целесообразными влажность лозги 7-9%, температуру 50-80°C (при температуре матрицы 80°C) давление прессования 140-200 МПа. При этом конечная плотность брикетов достигает 900-1100 кг/м<sup>3</sup>.

5. Упругое последствие вызывает потери плотности и прочности брикетов рисовой лозги. Процесс упругого расширения брикетов рисовой лозги происходит, в основном, по высоте брикета и за первый час после извлечения их из матрицы. Исследование показало, что можно уменьшить расширение брикетов рисовой лозги путем: повышения давления прессования, большего времени выдержки брикета под давлением, дольшего нахождения брикета в матрице после снятия давления, увеличения числа кратности нагружения и, главное, тепловой обработки лозги перед прессованием.

6. С увеличением давления прессования  $p$ , влажности  $W$  и температуры  $t$  лозги коэффициент бокового давления  $\xi$  увеличивается от 0,34 до 0,48, а коэффициент трения лозги о стенки матрицы  $f$  уменьшается от 0,35 до 0,05. При этом удельная энергия, затраченная на прессование 1 кг рисовой лозги уменьшается на 9,5%.

7. В результате эксперимента нами приведено эмпирическое уравнение прессования рисовой лозги, выражающее параболический закон уплотнения лозги  $p = \psi(\epsilon) = c + a \epsilon^b$ . Эта экспериментальная зависимость с достаточной точностью применяется в инженерном расчете процесса прессования рисовой лозги. Параметры  $a$ ,  $b$ ,  $c$

этого уравнения, характеризуются условиями прессования. На основании уравнения прессования и энергетического метода был найден оптимальный закон движения прессующего пуансона, при соблюдении которого пресс будет работать в равномоном режиме прессования.

8. При брикетировании рисовая лузга имеет достаточно большую величину усадки, характеризующуюся коэффициентом сжатия  $\alpha > 10$ . Поэтому применение существующих брикетных прессов (табл.2) для брикетирования рисовой лузги нецелесообразно из-за малого времени прессования, малого хода пуансона и низкой производительности. На гидравлических прессах можно получить прочные брикеты рисовой лузги, а повысить производительность пресса путем замены обычной матрицы матрицей-нагревателем и дополнительным монтажом трамбовочного механизма питателя.

9. При проектировании новых прессов для брикетирования рисовой лузги рекомендуется использовать полученные значения коэффициентов трения  $f$  и бокового давления  $\xi$ , вычисляемых по выражениям (I2, I3), удельных энергозатрат на брикетирование по (I6), закон движения прессующего пуансона при условии равномоного режима прессования по (I9).

10. Разработанная схема технологического процесса брикетирования рисовой лузги на гидравлических прессах позволит повысить объемную (насыпную) массу рисовой лузги в 3-4 раза.

II. Сумма народнохозяйственной экономии от организации брикетирования 18000 тонн в год рисовой лузги Кызыл-Ординского комбината хлебопродуктов с целью улучшения ее транспортабельности на Чимкентский гидролизный завод составит 31800 руб. Срок окупаемости капитальных затрат 5 лет.

Основное содержание диссертации опубликовано и представлено к опубликованию в следующих работах:

1. Нгуен Ван Луа, И.К.Чайка, М.Я.Дикис. Влияние влажности на брикетирование рисовой лузги. Изв. Вузов СССР, Пищевая технология, № 2, I29, I974.
  2. Нгуен Ван Луа, И.К.Чайка, М.Я.Дикис. Влияние давления прессования и температуры на плотность и прочность брикетов рисовой лузги. Изв. Вузов СССР, Пищевая технология, № 5, I974.
  3. Нгуен Ван Луа, М.Я.Дикис, И.К.Чайка. Определение удельной энергии, затраченной на прессование рисовой лузги. Жур.ЦНИИТЭИ, № , I974.
  4. Нгуен Ван Луа, О.В.Непомнящий, А.Д. Панин. Определение коэффициента бокового давления и коэффициента трения рисовой лузги о поверхности стенки стальной матрицы при брикетировании. Жур. ЦНИИТЭИ, № , I974.
- Результаты исследований доложены на XXXV научной конференции ОТИП им. М.В.Ломоносова в I974 г.