

Б 72

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени М.В.Ломоносова

На правах рукописи

Аспирант А. БОБЕЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ
АГРЕГАТИРОВАНИЯ ОБРАБОТОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ ИЗМЕЛЬ-
ЧЕНИЯ И СЕПАРИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
кандидат технических
наук, доцент
Г.Д. ГАЛЬПЕРИН

Одесса — 1987

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант А. БОБЕЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ
АГРЕГАТИРОВАНИЯ ОБРАБОТОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ ИЗМЕЛЬ-
ЧЕНИЯ И СЕПАРИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССАХ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА

ОНАХТ 27.05.11
Исследование исходны



v001271

Переучет 19 87 г.

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель -
кандидат технических
наук, доцент
Г.Д. ГАЛЬПЕРИН

V 001271
с.в. 1271

Одесский технологический институт

Одесса - 1987

им. М. В. Ломоносова

БИБЛИОТЕКА

Одесский технологический институт имени М.В.Ломоносова направляет Вам для ознакомления автореферат диссертационной работы аспиранта А. Бобеева на тему „Исследование исходных параметров для агрегатирования обработочных операций измельчения и сепарирования в технологических процессах переработки зерна“, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Защита состоится „29“ сентября 1967 г.

Ваши отзывы и замечания в 2-х экземплярах просим направлять по адресу: г. Одесса, ул. Свердлова, № 112, Одесский технологический институт имени М.В.Ломоносова.

Исследование проведено в лаборатории Одесского технологического института имени М.В.Ломоносова.

Ученый секретарь Совета

(Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ)

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану предусмотрен дальнейший значительный рост промышленности на основе всемерного использования достижений науки и техники, индустриального развития общественного производства и повышения производительности труда.

Технологический процесс в мукомольно-крупяном производстве организован в форме сквозного потока ^{1/}, при котором поточные линии цехов взаимно связаны и обеспечивают постоянный ритм линий выдачи готовой продукции, являющийся ритмом сквозного потока.

При организации поточного производства в ряде отраслей промышленности поточные линии komponуются либо из имеющихся на предприятии машин определенного назначения, либо из специально сконструированных машин для поточных линий обычно агрегатного типа. В первом случае положительной является возможность использования большого парка имеющихся на предприятии машин. При этом технологический процесс остается почти неизменным, однако производительность труда повышается. Значительно большего технико-экономического эффекта достигают во втором случае, когда komponуют поточные линии из специально созданных машин-агрегатов.

Технологические машины поточных линий мукомольно-крупяной промышленности выполняют обычно одну обработочную операцию (измельчения, сепарирования или др.) и несколько вспомогательных ^{2/} (питания, разделения, шлюзования и др.).

^{1/} При сквозном потоке весь технологический процесс представляется в виде ряда поточных линий, реализующих отдельные группы операций и вливающих в линию выдачи готовой продукции.

^{2/} В технологических процессах мукомольно-крупяной промышленности выделяются две группы операций: основные (обработочные) и вспомогательные (загрузочно-разгрузочные, транспортирующие и др.).

Если под агрегатом понимать устройство с общей станиной, реализующее наряду со вспомогательными несколько обработочных операций, то в поточных линиях мукомольно-крупяной промышленности применяются и агрегаты. Например, в сито-воздушных сепараторах методом последовательного агрегатирования объединяется ряд вспомогательных и 2 - 3 обработочных операции сепарирования (ситовой, воздушной и магнитной). Если эти операции осуществить поточной линией, включающей ситовой, воздушный и магнитный сепараторы, то при неизменном технологическом процессе общее число подлежащих выполнению операций значительно возрастет за счет вспомогательных операций питания, транспортирования и др. Такому же агрегатированию целесообразно подвергнуть и другие обработочные операции, например, операции измельчения и сепарирования в поточных линиях размольных цехов мельниц и кукурузных заводов, что приведет к созданию агрегатированных измельчающе-сепарирующих машин (ИСМ).

Настоящая работа и посвящена исследованию условий концентрации операций измельчения и сепарирования в одной машине-агрегате.

1. О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН-АГРЕГАТОВ НЕШТУЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

В зависимости от степени дифференциации заданного технологического процесса агрегатирование может быть: последовательным для сложных технологических процессов, состоящих из значительного числа q операций; параллельным для технологических процессов, включающих одну обработочную операцию, выполняемую в W параллельных потоках; последовательно-параллельным, когда каждые q операций, составляющих заданный технологический процесс, выполняются в W параллельных потоках.

Под ритмом или периодом рабочего цикла поточной линии или машины-агрегата нештучной продукции, рабочие органы которой непрерывно выполняют заданные технологические операции, следует понимать период времени, в течение которого она выпускает единицу готовой продукции:

$$T_p = \frac{W}{\Pi_T} = \frac{W}{Q_B \cdot B} \frac{\text{сек}}{\text{кг}}, \quad (1)$$

где Π_T - теоретическая производительность, кг/сек;

Q_B - удельная нагрузка на рабочий орган, кг/сек.м² или кг/сек.м;

B - параметр рабочего органа, м² (площадк) или м (приемного фронта).

Тогда для агрегата с условно одинаковыми потерями на каждой позиции, т.е. при $\sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^w t_{nij} = qwt_n$, действительная производительность

$$\Pi_D = \frac{W}{T_p + qwt_n} \frac{\text{кг}}{\text{сек}}, \quad (2)$$

где $T_p + qwt_n$ - приведенный ритм агрегата, $\frac{\text{сек}}{\text{кг}}$;

t_n - среднее время потерь производительности в одном потоке и одной позиции, отнесенное к одному периоду рабочего цикла, $\frac{\text{сек}}{\text{кг}}$.

При расчёте длительности ритма T_p агрегата следует ориентироваться на время t , необходимое для выполнения большинства операций, а для лимитирующих операций вводить параллельные позиции.

При дифференциации технологического процесса агрегата на операции с временем выполнения t_1, t_2, \dots, t_q обычно $t_1 \neq t_2 \neq \dots \neq t_q$. Отклонения $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_q$ от T_p должны быть по возможности незначительными и лишь в сторону уменьшения.

Расчетная и принятая производительность рабочих органов агрегата могут не совпадать, поскольку параметр B рабочих органов вспомогательных операций зачастую принимается не исходя из удельной производительности Q_B , а из требований, предъявляемых последующей обработочной операцией. В этой связи будут иметь место потери производственной мощности от некратности производительности отдельных рабочих органов производительности агрегата, которые могут

оцениваться коэффициентом кратности η_k . Так, для однопочного агрегата

$$\eta_k = \frac{q}{\frac{B_1}{B_{p1}} + \frac{B_2}{B_{p2}} + \dots + \frac{B_q}{B_{pq}}} \leq 1, \quad (3)$$

где B_{pi} и B_i — расчетная и принятая величины параметра рабочего органа.

Частные значения $\frac{B_i}{B_{pi}}$ указывают на условия загрузки соответствующих рабочих органов. Для исключения возможности создания "узкого места" в агрегате необходимо соблюдение условия $\frac{B_i}{B_{pi}} \geq 1$, что обусловит $\eta_k \leq 1$. При $\frac{B_i}{B_{pi}} > 1$ рабочие органы недогружены. В этом случае $\eta_k < 1$. Чем ближе η_k к единице, тем более целесообразно сконструирован агрегат.

II. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ АГРЕГАТОВ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ОБРАБОТОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И СЕПАРИРОВАНИЯ ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Используя избранные в результате сравнительного рассмотрения технико-экономических показателей рабочие органы и устройства измельчающих и сепарирующих машин были скомпонованы технологические схемы измельчающе-сепарирующих машин (ИСМ). При этом стремились использовать особенности выполняющихся обработочных операций и характер потока зернопродуктов для максимального исключения вспомогательных операций, имеющих место в поточной линии, выполняющей процесс измельчения-сепарирования.

На основе малогабаритных валцов 1 и вертикального пневмосепарирующего канала 2 была скомпонована (рис. 1-а) вальцово-пневматическая измельчающе-сепарирующая машина

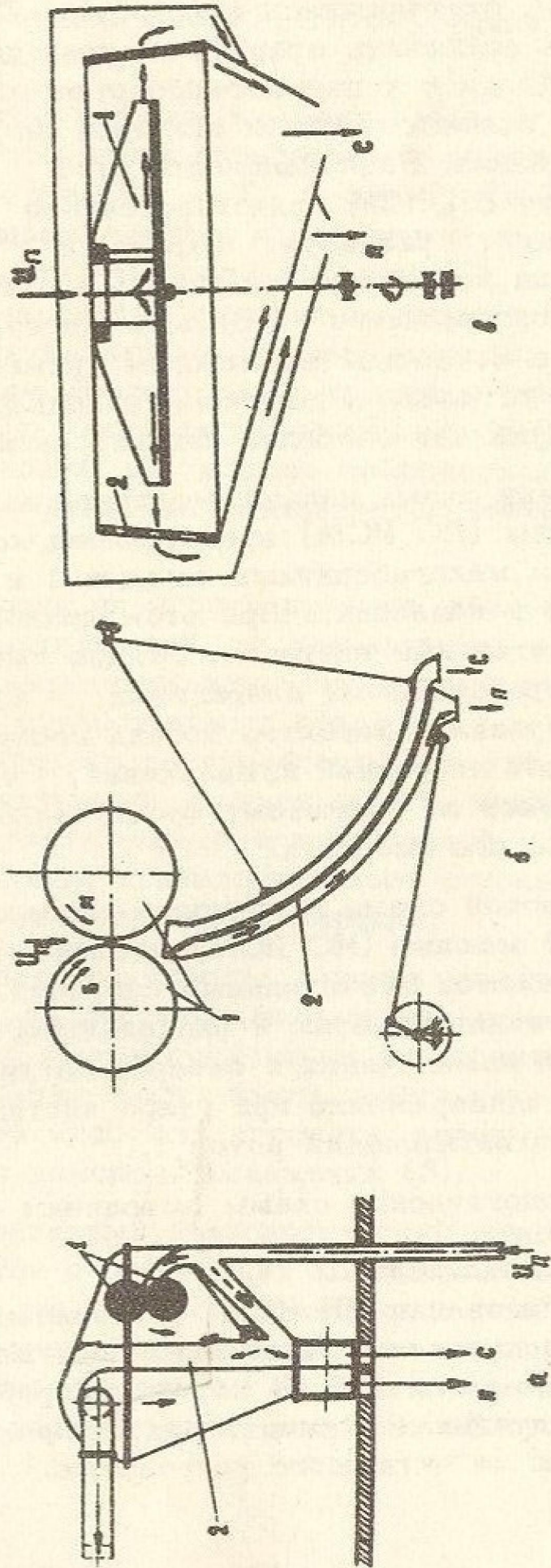


Рис. 1.

(ВП ИСМ) ^{1/}. Исходный продукт (U_n) поступает из материалопровода в агрегат, откуда выводятся два продукта: сход С и проход П, отличающиеся крупностью. При такой компоновке удалось исключить операцию транспортирования зернопродуктов от вальцов к пневмосепарирующему каналу, однако сохранилась вспомогательная операция питания пневмосепарирующего канала. Рациональность этой компоновки обусловлена тем, что ВП ИСМ при относительно небольших габаритных размерах: реализует наряду с заданными смежные операции по отсадке исходного продукта и продукта П от транспортирующего воздуха, а также по шлюзованию продуктов С и П; делает возможным применение инерционного питающего устройства; позволяет использование транспортирующего воздуха для операции сепарирования.

Технологическая схема вальцово-ситовой измельчающе-сепарирующей машины (ВС ИСМ) представлена на рис. 1-б. Она скомпонована из малогабаритных вальцов 1 и дугового сита 2, приводимого в колебания. При этом: полностью исключены все вспомогательные операции, обычно имеющие место между обеими обработочными операциями; используется для операции сепарирования характер потока продукта, обусловленный предыдущей операцией измельчения, т.е. равномерное его распределение по приемному фронту вальцов, направление и величина его скорости.

В технологической схеме инерционно-ситовой измельчающе-сепарирующей машины (ИС ИСМ) частицам поступающего продукта сообщаются значительные скорости посредством ротора 1 с вертикальной осью и радиальными лопатками (рис. 1-в). Операции измельчения и сепарирования осуществляются практически одновременно при ударе частиц продукта о ситовую кожух 2, охватывающий ротор 1.

Все три технологические схемы выполнены однопоточ-

^{1/}Разработка и исследование ВП ИСМ, установление целесообразности ее использования на комплектных мельницах были выполнены Демским А.Б. В настоящей работе приведены лишь дополнительные исследования, направленные к совершенствованию ее питающего устройства.

ными с последовательным агрегатированием. Действительная производительность этих агрегатов должна вычисляться по выражению (2) при $W = 1$.

При этом периоды времени рабочего цикла (ритма) для рабочих органов обеих обработочных операций должны быть одинаковыми, т.е. $T_{p1} = T_{p2}$, где T_{p1} и T_{p2} — время рабочих циклов измельчающих и сепарирующих рабочих органов. Тогда должно иметь место равенство $\Pi_{T1} = \Pi_{T2}$, где Π_{T1} , Π_{T2} — теоретические производительности обеих последовательно агрегатированных рабочих органов. Поскольку величина приемного фронта измельчающих и сепарирующих рабочих органов по конструктивной целесообразности принята примерно одинаковой, то должно соблюдаться $Q_{B1} = Q_{B2}$, где Q_{B1} и Q_{B2} — удельные производительности этих рабочих органов.

Если одна из агрегируемых обработочных операций окажется лимитирующей, то реализующие ее рабочие органы могут быть выполнены многопоточными, что потребует введения между обработочными операциями вспомогательной операции равномерного распределения продуктов измельчения между параллельными позициями, т.е. технологическая схема такой последовательно-агрегатированной машины будет включать разветвление технологического потока по параллельным позициям на лимитирующей операции.

Поскольку количество потоков может быть только целым числом, то фактическая величина приемного фронта рабочих органов может отличаться от расчетной, например $B_2 > B_{p2}$. Тогда могут иметь место некоторые потери производственной мощности агрегата, которые следует характеризовать с помощью выражения (3).

Если заданный технологический процесс измельчения зернопродуктов и разделение полученного полуфабриката на два продукта по крупности реализовать посредством поточной линии, составленной из серийных машин и устройств, то число подлежащих выполнению операций окажется значительно большим, чем для агрегатированных ИСМ, как это представлено в табл. 1.

Таблица 1

№№ п.п.	Обработочные и вспомогательные операции	Число операций одного и того же технологического процесса при реализации его посредством			
		по - точ- ной ли- нии	агрегатированных ИСМ		
			валь- цово- пневма- тиче - ской	валь- цово- сито- вой	инерцион- но- ситовой
1.	Питание рабочих органов измельчителя	+	+	+	+
2.	Измельчение	+	+	+	+ и сепари- рование
3.	Сбор продуктов измельчения зерна в пневмоприемник	+	+	-	-
4.	Питание пневмотранспорт- ной сетж	+	-	-	-
5.	Пневмотранспортирование	+	-	-	-
6.	Отсадка продукта из воз- душного потока	+	-	-	-
7.	Шлюзование продуктов измельчения	+	-	-	-
8.	Очистка транспортирующе- го воздуха	+	-	-	-
9.	Питание сепаратора	+	+	-	-
10.	Сепарирование	+	+	+	-
11.	Аспирация сепаратора	+	-	-	-
12.	Очистка аспирируемого и транспортирующего воздуха	+	+	+	+
13.	Сбор продуктов сепариро- вания для отгрузки	+	+	+	+
14.	Шлюзование продуктов сепарирования	+	+	-	+

Таким образом, число операций q , необходимое для реализации заданного технологического процесса, в значительной степени зависит от самого способа его реализации.

Действительная производительность агрегата P_2 и его эксплуатационная надежность сравнительно с поточной линией в общем случае более высокие за счет уменьшения q . Одновременно с этим уменьшается материалоемкость оборудования, потребная производственная площадь и удельный расход энергии на технологический процесс.

Последующие исследования ИСМ направлены к проверке предположения, что применение их в машинно-аппаратном технологическом процессе переработки зерна увеличит структурную вариантность этого процесса и возможность избрания оптимального варианта. Это следует из того, что применение ИСМ может позволить добиться: увеличения производительности мельниц за счет разгрузки рассевов, достигаемой направлением крупной фракции продуктов измельчения из ИСМ на дальнейшее измельчение, минуя рассевы; уменьшения расхода энергии поточной линией за счет сокращения пути вертикальных перемещений зернопродуктов; уменьшения материалоемкости поточной линии, потребной для нее производственной площади и габаритного объема. Кроме этого, применение ВС ИСМ позволяет решить задачу получения входного сигнала в схему автоматического регулирования режима операции измельчения при создании вальцового автомата.

III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСМ

I. Цели и задачи экспериментального исследования

Целью данного исследования было выявление технологической эффективности агрегатов реализующих технологический процесс, который включает две обработочные операции: измельчение зерна и зернопродуктов с последующим сепарированием на два продукта по крупности.

Задачами исследования являлись: проверка целесообразности компоновок технологических схем ИСМ, представ-

денных на рис. 1; изучение условий агрегатирования обработочных операций измельчения и сепарирования при исключении вспомогательных операций, обычно сопутствующих им в поточных линиях (табл. 1); исследование технологической эффективности избранных схем ИСМ применительно к технологическим процессам переработки зерна пшеницы и первичного измельчения зерна кукурузы с последующим отбором зародыша.

Избранная в результате исследования целесообразная технологическая схема ИСМ должна отличаться высокой технологической эффективностью выполнения обеих обработочных операций; обеспечивать возможность получения заданного соотношения продуктов С и П; обуславливать наименьшее потребное количество вспомогательных операций, сопутствующих обработочным операциям измельчения и сепарирования; позволять использование ее в ряде конструктивных модификаций (многопоточная, многоступенчатая); создавать предпосылки к структурной вариантности технологического процесса переработки зерна и содействовать избранию оптимального варианта при проектировании поточных линий, включающих ИСМ.

2. Экспериментальная база

Экспериментальному исследованию подверглись три лабораторные установки применительно к технологическим схемам ИСМ, представленным на рис. 1. В ВП ИСМ было выполнено питающее устройство для возможности исследования его в трех конструктивных модификациях. Сепарирующее устройство ВС ИСМ (дуговое сито) исследовалось в двух конструктивных модификациях. Дополнительно к ИС ИСМ был изготовлен экспериментальный инерционный измельчитель для исследования необходимой окружной скорости ротора и силы ^{1/} удара зерновок кукурузы о жесткую преграду.

^{1/} Измерение силы соударения производилось по методике, разработанной Малаховцевым В.П.

Исследование всех лабораторных установок проводилось в условиях варьирования геометрических, кинематических, аэродинамических, нагрузочных и технологических параметров.

3. Методика экспериментального исследования

При исследовании питающего устройства ВП ИСМ, целесообразности применения ВС ИСМ для помола пшеницы и первичного измельчения зерна кукурузы с последующим отделением зародыша, в качестве подопытных продуктов были приняты: пшеница рядовая, заготовок урожая 1962 г. и 1964 г. Одесской области; продукты драных систем с крупностью, оцениваемой разделением их ситом № 20 \bar{I} (85% схода, 15% прохода), \bar{II} (65% схода, 35% прохода), \bar{III} (45% схода, 55% прохода) и 1У (25% схода, 75% прохода); желтая зубовидная кукуруза ВИР 42 со средним содержанием зародыша 10,45% и наличием в нем „сырого“ жира 31,60% (в % на абсолютно сухое вещество); кремнистая белая скороспелая кукуруза со средним содержанием зародыша 10,40% и наличием в нем „сырого“ жира 32,75%.

Для оценки технологической эффективности работы ИСМ применялись следующие показатели: С и П – сход и проход разделенных ИСМ продуктов измельчения; $U_{e/0}$, $U_{e/0_2}$ – общее и частное извлечение; $K_{и}$ – коэффициент измельчения; E_c , K_c и E_n , K_n – эффективность и четкость сепарирования по сходу и проходу; K_z и K_{zc} – коэффициенты извлечения зародыша из всего продукта измельчения и только из С; A_0 – удельный расход энергии на измельчение.

В исследовании применена математико-статистическая обработка экспериментальных данных, полученных в равноточных опытах, базирующаяся на определении статистических средних и моментов высших порядков, используемых для характеристики рассеяния этих данных относительно центра группирования. На основании специальной серии равноточных опытов было сделано предположение о нормальном законе распределения полученных результатов. Правдоподобность этого предположения проверена с помощью критерия согласия Ястремского Б.С. и элементарным способом с использова-

нием чисел Вестергарда.

Точность и надежность экспериментальных результатов обеспечивалась необходимым числом повторений опытов, которое устанавливали при заданном доверительном интервале, соответствующем 10% уровню значимости. При такой повторности опытов одному значению параметра операции соответствовало некоторое распределение изучаемого показателя. С помощью корреляционного анализа устанавливалась интенсивность связи между этими параметрами и показателями в виде уравнений теоретических линий регрессии. Теснота связи отдельных значений показателей оценивалась с помощью коэффициента корреляции γ или корреляционного отношения

4. Исследование вальцово-пневматической ИСМ

Ранее установленным недостатком ВП ИСМ является наличие подсора, т.е. частичное попадание исходного продукта Q_u в продукт измельчения минуя вальцы, оцениваемое коэффициентом „подсора“ $\theta_n = \frac{Q_n}{Q_u} \cdot 100\%$, где Q_n — количество продукта не прошедшего вальцы. Это вынудило исследовать ее питатель. Сравнительное исследование инерционного питателя проведено для трех различных его конструктивных модификаций.

Результаты исследований θ_n в зависимости от скорости воздуха в продуктопроводе в интервале $V_{пт} = 15 \div 32$ м/сек описываются прямыми линиями регрессии

$$y = L_1 + L_2 \cdot x, \quad (4)$$

где L_1 — величина ординаты y , отсекаемая прямой регрессии;

L_2 — тангенс угла наклона прямой регрессии к оси x .

Коэффициенты L_1 , L_2 и коэффициент корреляции γ , показывающий тесноту связи, представлены в табл. 2.

Таблица 2

y		Постоянные параметры ВП ИСМ				
		$V_5 = 9,0 \text{ м/сек}, i = 2,5, Q_B = 350 \div 600 \text{ кг/см.сутки}$				
x	L_1	L_2	Z	С наличием	Степень перекрытия обводных каналов	
$\theta_{п1}$ %	$V_{п1} = 15 \div 32 \text{ м/сек}$	25,20	-0,70	-0,882	обводного канала	Перекрытый с помощью жалюзя
		10,94	-0,29	-0,894		
		51,88	-1,38	-0,950	обводного и дополнительного канала	С открытым клапаном дополнительного канала
		30,50	-0,85	-0,907		С клапаном в среднем положении дополнительного канала
19,50	-0,56	-0,834		С закрытым клапаном дополнительного канала		

Из выражения (4) и табл. 2 следует, что из трех модификаций шнекового питателя наиболее целесообразной является первая, с открытым обводным каналом, поскольку обуславливает наименьший коэффициент подсора $\theta_{п1} = 2 \div 8\%$ при $V_{п1} = 26 \div 27 \text{ м/сек}$.

5. Исследование вальцово-ситовой ИСМ

В качестве разделяющей поверхности были приняты металлотканые сита: для продуктов I и II драных систем № 2,0 и для III и IV драных систем № 1,5.

В результате исследований ВС ИСМ при неподвижном дуговом сите было установлено: с изменением окружной скорости вальца Б в замкнутом интервале $V_5 = 6 \div 12 \text{ м/сек}$

результаты ситовой сепарации почти не изменяются; из исходного образца с большим содержанием сходового продукта (по ситы № 20 - 80% схода и 10% прохода) сход выделяется достаточно полно в сходовый продукт (С), сепарирование же исходного продукта с большим содержанием проходowego продукта (П) нецелесообразно; изменение радиуса кривизны сита в интервале $\zeta_c = 0,5 \div 1,0$ м незначительно влияет на операцию разделения, поэтому ζ_c может быть избран в данном интервале по конструктивным соображениям. В связи с этим была предпринята попытка интенсификации операции сепарирования с помощью вибраций дугового сита и отсоса воздуха из подситовой полости ^{1/}.

В первой модификации дуговое сито было подвешено на шарнире у центра кривизны. Во второй - шарнир был помещен у верхней границы сита, что улучшило условия сепарирования.

Из сравнения эффективности работы дугового сита без вибраций и с вибрациями при вышеуказанных модификациях в зависимости от частоты колебаний сита в интервале $n_c = 470 \div 840$ кол/мин следует: вибрация дугового сита улучшает операцию сепарирования, ~~и~~ более интенсивно при второй модификации (судя по эффективности сепарирования проходовой фракции $E_n = 0,87 \div 0,89$); улучшение эффективности сепарирования сходовой фракции $E_c = 0,97 \div 0,98$ для первой модификации указывает на более высокую в этом случае скорость движения продуктов по дуговому ситы.

К таким же выводам можно прийти, рассмотрев сравнительные данные исследований эффективности тех же конструктивных модификаций привода дугового сита в зависимости от угловой амплитуды колебаний в интервале $\alpha_c = 0,0024 \div 0,0120$ рад для первой модификации и $\alpha_c = 0,0040 \div 0,0200$ рад для второй. И в этом случае подтверждается целесообразность вибраций дугового сита. Четкость сепарирования проходowego продукта $K_n = 0,20 \div 0,32$ хуже при второй модификации. Однако более высокое значение E_n при этой модификации делает ее предпочтительнее.

^{1/} В исследовании принимал участие инж. Поляков В.Я.

В связи с этим дальнейшему углубленному исследованию подверглась вторая модификация, т.е. дуговое сито с вибрациями вокруг шарнира у верхней его границы. Зависимость результатов исследований интенсивности корреляционной связи показателей C , E_n , E_c , K_n и K_c , совокупно обозначенных через y , от параметров операции (x) описываются либо выражением (4), либо степенным рядом

$$y = \beta_1 + \beta_2 x + \beta_3 x^2 + \dots, \quad (5)$$

где $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ - коэффициенты степенного ряда.

Величины коэффициентов α_i, β_i, τ или ζ представлены в табл. 3.

Из рассмотрения выражений (4), (5) и табл. 3 следует, что за оптимальную по эффективности E_n и E_c можно принять частоту колебаний для продуктов I и 1У драных систем $n_c = 600 \div 700$ кол/мин. Эффективность сепарирования $E_n = 0,87 \pm 0,02$ для I и четкость $K_n = 0,042 \pm 0,007$ для 1У драной системы с изменением n_c остаются практически неизменными, поэтому коэффициенты α_i, β_i и τ для этих показателей в систем помола отсутствуют в табл. 3. Влияние изменения n_c в исследованном интервале на операцию разделения продуктов II и III драных систем, где большая концентрация проходowego продукта, незначительно.

Варьирование угловой амплитуды по-разному влияет на показатели. Увеличение α_c приводит к снижению E_n и ухудшению четкости K_c , уменьшение же α_c приводит к интенсивному снижению E_c . Для продуктов I, II и III драных систем влияние изменения $\alpha_c = 0,004 \div 0,020$ рад на показатели ВС ИСМ незначительно, однако, судя по E_n , можно принять $\alpha_c = 0,004 \div 0,008$ рад. Изменение α_c интенсивно влияет на показатели операции сепарирования продуктов 1У драной системы, причем оптимальной является угловая амплитуда $\alpha_c = 0,008 \div 0,012$ рад, при которой $E_n = 0,90 \div 0,84$ и $E_c = 0,85 \div 0,77$.

Изменения средней скорости воздуха, проходящего через сито в интервале $v_c = 0,60 \div 1,90$ м/сек, незначительно влияют на показатели операции сепарирования продуктов I

с.в. 1271

Таблица 3

		Постоянные параметры ВС ИСМ						Постоянные параметры				
		$\bar{v}_0 = 6,0 \text{ м/сек}$						$i = 2,67$				
У		$v_0 = 800 \text{ кг/см. сутки}$						$Q_0 = 375 \text{ кг/см. сутки}$				
		$\lambda_c = 0,012 \text{ рад, сито \# 2,0}$						$v_c = 0, \text{ сито \# 1,5,}$				
		продукт I др. системы						продукт IV др. системы				
	Х	λ_1	λ_2	z	Постоянные параметры	Х	β_1	β_2	β_3	z	Постоянные параметры	
С, %												
Еп	$\lambda_c = 470 \div 840$ кол/мин	$\beta_1 = 171,4$	$\beta_2 = -0,268$		$\lambda_c = 0$						$\lambda_c = 0,012 \text{ рад}$	
Ес		$\beta_3 = 0,0002$	$\lambda = 0,506$									
Кп		-	-	-								
Кс		0,903	-0,00008	-0,630								
		0,225	-0,00008	-0,234								
		-0,006	0,00004	0,635								
С, %	$\lambda_c = 0,60 \div 1,80$ м/сек	82,5	3,220	0,750	$\lambda_c = 650$ кол/мин		0,2	3134,2	-86425	0,750	$\lambda_c = 650$ кол/мин	
Еп		0,901	-0,029	-0,635				1,074	-29,5	900		0,908
Ес		0,935	0,005	0,182				0,198	74,9	-2182		0,867
Кп		0,268	0,091	0,776				0,132	-14,8	529		0,826
Кс		-	-	-			0,237	44,8	-1412	0,918		

браной системы (с минимальной концентрацией проходowego продукта). При этом четкость $K_c = 0,015 \pm 0,002$ практически остается постоянной. Принятый при исследовании интервал v_c ограничивается уносом просеиваемого продукта воздушным потоком. Все же, судя по результатам сепарирования, для продуктов \bar{I} драной системы наиболее целесообразной является $v_c = 0,80 \div 1,20$ м/сек. Изменение v_c практически не оказывало влияния на сепарирование остальных продуктов, где увеличена концентрация проходowego продукта.

На показатели ВС ИСМ наиболее интенсивно влияют изменения размера ячеей сита. Результаты исследования этого влияния описываются выражениями (4) и (5), коэффициенты α_i , β_i которых приведены в табл. 4. Судя по эффективности сепарирования E_n и E_c , для разделения продуктов \bar{I} и \bar{II} драных систем целесообразно установить $b_c = 2,0 \div 2,5$ мм, для продуктов \bar{III} драной системы - $b_c = 1,8 \div 2,2$ мм, а для 1У драной системы - $b_c = 1,2 \div 1,6$ мм. Увеличение и уменьшение b_c против вышеприведенных приводит к ухудшению результатов операции сепарирования.

С уменьшением Q_B в интервале $1000 \div 700$ кг/см. сутки для продуктов \bar{II} драной системы выявилась возможность уменьшить размер ячеей b_c от 2,5 мм до 1,0 мм, что повысило значения показателей сепарирования. Дальнейшее уменьшение Q_B нежелательно, поскольку приводит к снижению коэффициента кратности ζ_k .

Как известно, технологический процесс промышленной переработки кукурузы включает операции по отбору зародыша, который является исходным сырьем маслоэкстракционных заводов. Вследствие несовершенства выполнения этих операций в промышленности степень выделения зародыша составляет $30 \div 55$ %. В связи с этим в научно-технической литературе приводится ряд предложений по отделению зародыша с помощью различных шелушительных, измельчающих и сепарирующих машин. При этом первичное разрушение зерна по работам ряда авторов производится: металлическими жерновами и дезинтегратором (Хохман Б); обочными машинами в зерноочистительном отделении с последующим продолжением этой операции вальцовыми измельчителями в размольном отделении мельницы (Демидов П.Г., Золотарев С.М.); зародышеотдели-

Таблица 4

Параметры ВС ИСМ, постоянные для всех систем помолы													
$V_5 = 6,0$ м/сек, $i = 2,67,$		$N_c = 650$ кол/мин, $U_c = 0$		Постоянные параметры для III и IV др. систем									
y	x	α_1	α_2	α_1	α_2	α							
С, % ЕП ЕС КП КС	$\beta = 1,0 \div 2,5$ мм	$\beta = 1,0 \div 2,5$ мм	$\alpha_c = 0,012$ рад сутки $\alpha_s = 800$ кг/см.	$\beta_s = 1,0 \div 2,5$ мм	$\alpha_c = 0,012$ рад сутки $\alpha_s = 750$ кг/см.	α	$\beta_s = 560$ кг/см. сутки $\alpha_c = 0,008$ рад						
								100,5	-8,050	-0,875	94,6	-22,6	-0,984
								0,511	0,172	0,729	$\beta_1 = 0,191$ $\beta_3 = 0,091$		$\beta_2 = 0,514$ $\gamma = 0,943$
								1,051	-0,051	-0,907	$\beta_2 = 0,759$ $\beta_3 = 0,163$		$\beta_2 = 0,359$ $\gamma = 0,793$
								-0,223 0,057	0,233 -0,016	0,963 -0,894	-0,163 -0,001	0,193 0,082	0,982 0,967
С, % ЕП ЕС КП КС	$\beta = 1,0 \div 2,5$ мм	$\beta = 1,0 \div 2,5$ мм	$\alpha_c = 0,012$ рад сутки $\alpha_s = 750$ кг/см.	$\beta_s = 1,0 \div 2,5$ мм	$\alpha_c = 0,012$ рад сутки $\alpha_s = 490$ кг/см.	α	$\beta_s = 490$ кг/см. сутки $\alpha_c = 0,016$ рад						
								103,3	-19,800	-0,938	$\beta_1 = 42,2$ $\beta_3 = 5,760$		$\beta_2 = 3,200$ $\gamma = 0,774$
								0,416	0,200	0,930	0,585	0,137	0,722
								$\beta_1 = 1,161$ $\beta_3 = 0,026$	$\beta_2 = -0,233$ $\gamma = 0,710$		1,415	-0,436	-0,953
								-0,219 0,202	0,230 -0,057	0,938 -0,911	-0,083 0,749	0,113 -0,167	0,905 -0,800

телем или центробежной плющильной машиной с горизонтальной осью вращения (Теленгатор М.А.); вальцами с различной нарезкой рифлей (Любушкин В.Т., Скляренко А.П.); плющильными вальцами, бичевыми машинами со стальным ребристым цилиндром (Данилин А.С., Бардышев Г.М.); центробежными измельчителями.

Таким образом, операция выделения зародыша осуществляется машинными и машинно-аппаратными технологическими процессами, включающими различные по содержанию операции измельчения и сепарирования, отличающимися главным образом структурной вариантностью и лишь частично технологической. Основным критерием целесообразности технологических процессов измельчения зерна кукурузы с последующим выделением зародыша должна быть степень этого выделения, а при одинаковой ее величине — число операций, составляющих процесс, число и сложность рабочих машин, реализующих эти операции.

При исследовании первичного измельчения зерна кукурузы ^{1/} в ВС ИСМ с последующей операцией отделения зародыша был принят наиболее распространенный сорт — желтая зубовидная кукуруза ВИР 42. Коэффициенты α_i , β_i выражений (4) и (5), описывающих результаты этого исследования, а также γ и ζ представлены в табл. 5. Наибольшее значение K_{zc} , а также оптимальные значения E_n , E_c и удельной затраты энергии A_0 получены при $\zeta = 1,5 \div 2,0$, когда выделение сходного продукта составило $C = 93,2 \pm 1,8\%$ ($E_c = 0,97 \pm 0,01$ и $K_c = 0,160 \pm 0,005$). Извлечение зародыша из общей массы продукта измельчения K_z мало отличается от K_{zc} , только в отдельных случаях K_z превышает K_{zc} на величину до 5%. Это объясняется тем, что зародышевый продукт из мелких фракций трудноотделим, попадание же зародыша в мелкие фракции обусловлено измельчающим действием валцов.

С целью последующего отделения зародыша более целесообразной является окружная скорость $v_b = 6 \div 8$ м/сек, так как уменьшение ее приводит к снижению K_{zc} и E_n , а уве-

^{1/} В исследовании принимал участие инж. Чайка И.К.

Таблица 5

Постоянные параметры ВС ИСМ										
$\alpha_c = 0,020$ рад, $M_c = 650$ кол/мин, $R_0 = 4$ р/см, Слodka против слинки $\tau_0 = 20$ час, $v_0 = 6,0$ м/сек, $\zeta = 1,5$ $Q_0 = 470$ кг/см. сутки, сито № 2,0, $b_0 = 1,3$ мм, $Q_0 = 530$ кг/см.сут.										
y	x	α_1	α_2	γ	Постоянные параметры	x	α_1	α_2	γ	Постоянные параметры
C, %		-	-	-			107,7	- 10,2	-0,897	
E _п		0,524	0,111	0,561			-0,074	0,393	0,954	
E _с		-	-	-			1,071	-0,072	-0,915	
K _п		0,430	-0,015	-0,221			-0,110	0,222	0,775	
K _к		0,370	0,640	0,788			-	-	-	
A ₀ , кг		37,4	-3,170	-0,558			-	-	-	
K _{эс}		$\beta_1 = -0,410$ $\beta_2 = 0,910$					$\beta_1 = 0,260$ $\beta_2 = 0,400$			
		$\beta_3 = -0,250$ $\zeta = 0,970$					$\beta_3 = -0,120$ $\zeta = 0,689$			
C, %		95,6	-0,352	-0,455			73,4	0,972	0,697	
E _п		0,453	0,010	0,406			0,997	-0,012	-0,600	
E _с		-	-	-			0,847	0,006	0,855	
										Сито № 2,0

K_{II}	0,485	-0,008	-0,457	$\beta_1 = 0,160$ $\beta_2 = 0,086$ $\beta_3 = -0,005$ $\beta_4 = -0,746$	$\beta_1 = -2,320$ $\beta_2 = 0,353$ $\beta_3 = -0,011$ $\beta_4 = 0,748$	$\beta_1 = -0,028$ $\beta_2 = 0,218$ $\beta_3 = -0,020$ $\beta_4 = 0,688$	$\beta_1 = -0,625$ $\beta_2 = -0,940$ $\beta_3 = -0,560$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$	
K_{III}	1,150	0,110	0,822									
$A_{O'}$, кг	-5,540	5,420	0,928									
$K_{ЭС}$												
$C, \%$	96,6	-4,440	-0,500	$\beta_1 = -0,670$ $\beta_2 = 2,790$ $\beta_3 = -2,190$ $\beta_4 = 0,670$ $\beta_5 = 0,007$ $\beta_6 = -0,855$	$\beta_1 = -0,464$ $\beta_2 = 0,006$ $\beta_3 = 0,408$	$\beta_1 = -0,048$ $\beta_2 = -0,521$ $\beta_3 = -0,576$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$ $\beta_5 = 15,5\%$ $\beta_6 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$ $\beta_5 = 15,5\%$ $\beta_6 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$ $\beta_5 = 15,5\%$ $\beta_6 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$ $\beta_5 = 15,5\%$ $\beta_6 = 15,5\%$	$\beta_1 = 15,5\%$ $\beta_2 = 15,5\%$ $\beta_3 = 15,5\%$ $\beta_4 = 15,5\%$ $\beta_5 = 15,5\%$ $\beta_6 = 15,5\%$	
E_{II}	0,928	-0,074	-0,815									
E_C	0,898	0,032	0,770									
K_{II}	0,465	-0,038	-0,210									
K_C	0,029	-0,009	-0,926									
K_{III}	4,050	-0,950	-0,805									
$A_{O'}$, кг	45,3	-5,920	-0,724									
$K_{ЭС}$												

$\beta_1 = 15,5\%$
 $\beta_2 = 15,5\%$
 $\beta_3 = 15,5\%$
 $\beta_4 = 15,5\%$

$\beta_1 = 15,5\%$
 $\beta_2 = 15,5\%$
 $\beta_3 = 15,5\%$
 $\beta_4 = 15,5\%$

$\beta_1 = 15,5\%$
 $\beta_2 = 15,4\%$
 $\beta_3 = 1,9\%$

$\beta_1 = 15,5\%$
 $\beta_2 = 15,5\%$
 $\beta_3 = 15,5\%$
 $\beta_4 = 15,5\%$
 $\beta_5 = 15,5\%$
 $\beta_6 = 15,5\%$

$\beta_1 = 15,5\%$
 $\beta_2 = 15,5\%$
 $\beta_3 = 15,5\%$
 $\beta_4 = 15,5\%$

$\beta_1 = 15,5\%$
 $\beta_2 = 15,5\%$
 $\beta_3 = 15,5\%$
 $\beta_4 = 15,5\%$
 $\beta_5 = 15,5\%$
 $\beta_6 = 15,5\%$

личение, кроме снижения K_{zc} , к резкому увеличению A_0 . Однако такие изменения V_5^{zc} не влияют на $E_c = 0,97 \pm 0,01$ и $K_c = 0,022 \pm 0,003$. Несмотря на повышенный удельный расход энергии, для максимального отделения зародыша оптимальной величиной межвальцового зазора является

$b_0 = 1,2 \div 1,5$ мм, при котором извлечение зародыша достигает $K_{zc} = 0,55$. Увеличение и уменьшение межвальцового зазора b_0 против оптимального ухудшают эффективность сепарирования продуктов измельчения и степень выделения зародыша. С целью максимального извлечения зародыша целесообразно увлажнение исходного зерна кукурузы до $B_n = 15,5 \div 17,5\%$. Уменьшение B_n приводит к снижению K_{zc} и E_n . При этом $K_c = 0,017 \pm 0,002$ остается постоянным.

При принятых наиболее рациональных значениях геометрических, кинематических и технологических параметров ВС ИСМ проведено исследование зависимости K_{zc} от времени отволаживания τ_0 . При этом установлено, что максимальному извлечению зародыша $K_{zc} = 0,50 \div 0,56$ соответствует $\tau_0 = 4 \div 6$ часов. Увеличение и уменьшение τ_0 против принятого резко снижает K_{zc} .

Изменение средней скорости воздуха, проходящего через сито, в интервале $V_c = 0,60 \div 1,90$ м/сек и угловой амплитуды колебаний $\alpha_c = 0,004 \div 0,020$ рад незначительно влияют на операцию последующего отделения зародыша. При этом соответственно $K_{zc} = 0,48 \pm 0,06$ и $K_{zc} = 0,38 \pm 0,03$, т.к. $\tau_0 = 3$ часа.

5. Исследование инерционно-ситовой ИСМ

Дифференциация технологического процесса на небольшое число операций при одной обработочной позволяет посредством параллельного агрегатирования организовать высокопроизводительный поток. Если же число обработочных операций реализуемого технологического процесса две и более, то достичь той же производительности, что и в первом случае, возможно лишь методом последовательно-параллельного агрегатирования, что требует большего числа рабочих машин и соответственно большей производственной площади.

Обращает на себя внимание упрощение (уменьшение числа операций) технологического процесса выделения зародыша, когда первичное измельчение зерна осуществляется с помощью инерционного его нагружения. Экспериментальное измерение средней силы удара F_{cp} зерновок зубовидной кукурузы ВИР 42 в связи с результатами измельчения проводилось на лабораторном измельчителе. Результаты экспериментальных измерений показателя F_{cp} в зависимости от изменения v_e представлены в табл. 6.

Таблица 6

v_e , м/сек	F_{cp} , Н	v_e , м/сек	F_{cp} , Н
30	31,4	55	43,1
35	34,3	60	45,6
40	37,5	70	49,5

В качестве оптимальной для первичного измельчения зерна кукурузы с последующим выделением зародыша была экспериментально установлена переносная скорость $v_e = 35 \div 42$ м/сек.

Для исследования первичного измельчения нешелушенной и ошелушенной кукурузы на ИС ИСМ с последующим отделением зародыша использовали, наряду с кукурузой ВИР 42, кремнистую белую скороспелую кукурузу. Результаты исследования технологической эффективности операций измельчения-сепарирования, протекающих практически одновременно, и последующего отделения зародыша при первичном измельчении кукурузы ВИР 42 указывают на наиболее целесообразные величины параметров ИС ИСМ: размер отверстий ситовой обечайки $d = 5,0$ мм, угол наклона к вертикали усеченной конической поверхности ситовой обечайки $\alpha = 0,1$ рад, удельная подача $Q_s = 200$ кг/см.сутки и длительность отволаживания t_o до 5 часов, при которых достигнуто максимальное извлечение зародыша.

Результаты исследования показателей в зависимости от v_e и B_A описываются выражением (4) и табл. 7, из

рассмотрения которых следует, что с увеличением v_c степень измельчения и удельный расход энергии возрастают; показатели операции сепарирования E_n и E_c , а также K_n и K_c изменяются взаимнообратно; возможность отбора зародыша снижается. Таким образом, в целях максимального выделения зародыша при первичном измельчении зерна кукурузы следует считать оптимальной $v_c = 35 \div 42$ м/сек.

Таблица 7

Постоянные параметры И С М								
y	$Q_B = 186$ кг/см.сутки				$\alpha = 0,18$ рад			
	$d = 5,0$ мм				$T_0 = 24$ часа			
	$B_n = 14,6$ %				$v_c = 42$ м/сек			
	x	α_1	α_2	τ	x	α_1	α_2	τ
C, %		130,4	-1,510	-0,755		9,1	3,120	0,478
E_n		0,480	0,007	0,845		0,787	0,001	0,026
E_c		1,311	-0,014	-0,731		0,009	0,042	0,665
K_n		0,771	-0,002	-0,537		0,633	0,003	0,222
K_c		-0,054	0,002	0,690		0,159	-0,007	-0,473
K_n		-1,050	0,098	0,725		7,040	-0,235	-0,482
$A_{\text{кдж}}$ $A_{\text{кг}}$		-8,800	0,290	0,877		6,570	-0,040	-0,653
K_3		1,022	-0,009	-0,765		1,172	-0,037	-0,660
K_{3c}		0,752	-0,005	-0,718		0,856	-0,027	-0,645

С увеличением конечной влажности B_n от 14,2% до 19,4% : степень измельчения несколько снижается при неизменном расходе энергии; показатели операции сепарирования изменяются незначительно; возможность выделения зародыша из продуктов измельчения снижается. Следовательно, для более полного выделения зародыша исходное зерно кукурузы должно иметь влажность $B_n = 14,2 - 15,5$ %.

Если считать приемлемым извлечение зародыша, достигнутое в промышленности около 30 ÷ 55 %, то с применением ИС ИСМ можно значительно упростить технологический процесс, обрабатывая после нее с целью выделения зародыша только сходовой продукт, составляющий по массе около 60 % от исходного зерна. В этом случае при $V_e = 35 \div 42$ м/сек $K_{zc} = 0,54 \div 0,58$. При выделении же зародыша из обоих продуктов С и П можно достичь величины $K_z = 0,70$. Столь высокую степень извлечения зародыша можно объяснить благоприятным для поставленной задачи характером измельчения зерна кукурузы посредством ударного нагружения. Для этого способа измельчения зерна характерна малая повреждаемость зародыша; количество дробленого зародыша не превышает 80% общего выхода.

В результате исследования первичного измельчения ошелушенных зерен кукурузы ^{1/} в ИС ИСМ с целью отделения зародыша были установлены целесообразные параметры рабочих органов и операций: геометрические – размер ячеек ситовой обечайки $\alpha = 4,0 \div 5,0$ мм; кинематические – окружная скорость ротора $V_e = 38 \div 42$ м/сек; нагрузочные – удельная подача $Q_e = 150 \div 200$ кг/см. сутки. При этих параметрах получены наиболее высокие значения коэффициентов $K_{zc} = 0,75$ и $K_z = 0,83$, которым соответствуют наименьшие затраты энергии и высокая эффективность сепарирования.

Из рассмотрения результатов исследования первичного измельчения зерна пшеницы ИС ИСМ следует, что качество крупок (крупная, средняя и мелкая), из которых получают муку высоких сортов, значительно хуже, чем при измельчении зерна пшеницы вальцами. В этой связи было проведено исследование целесообразности применения ИС ИСМ для измельчения ошелушенных зерен пшеницы и двухступенчатое измельчение зерна пшеницы путем инерционного его нагружения. В качестве подопытного продукта была принята ошелушенная пшеница, полученная путем трехкратного пропуска ее через лабораторную шелушительную машину. В результате шелушения количество клетчатки в зерне снижено от 2,75 % до

^{1/} В исследовании принимал участие инж. Настагунин И.В.

1,45%, а зольность - от 1,75% до 1,56%. В результате измельчения ошелушенного зерна пшеницы получены промежуточные продукты лучшего качества, чем при тех же условиях из нешелушенного зерна, но худшие, чем для вальцов.

Низкое качество промежуточных продуктов при первичном измельчении пшеницы ИС ИСМ относили за счет воздействия перфорированной поверхности ситовой обечайки. Поэтому была проведена дополнительная серия опытов с двухступенчатым измельчением, когда первичное измельчение производилось ударом зерна о козырьки на центробежном измельчителе, а разделение продуктов измельчения на ИС ИСМ с помощью ситовой обечайки. Применение двухступенчатого измельчения несколько повысило качество промежуточных продуктов измельчения пшеницы, которое все же оставалось худшим, чем при измельчении вальцами.

Энергетическими и аэродинамическими измерениями на лабораторной установке ИС ИСМ с двигателем без ротора измельчителя, с ротором, но без ситового кожуха, при холостом ходе ротора и наличии ситового кожуха, но без продукта и, наконец, при нагружении продуктом установлено: наличие ротора обуславливает значительное повышение расхода энергии на холостой ход; заключение вращающегося ротора в ситовой кожух уменьшает количество перемешиваемого воздуха, но повышает требуемую мощность привода; при измельчении продукт частично перекрывает ячей сита, еще более снижая расход воздуха, однако требуемая мощность привода возрастает за счет расхода энергии на предварительный, "разгон" частиц продукта.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Для унификации расчета производительности рабочих машин нештучной продукции следует ввести понятие рабочего цикла, характеризуемого временем выдачи однопоточной машиной единицы продукции.

2. Рабочая машина нештучной продукции, реализующая две и более обработочные операции, может именоваться агре-

гатов, а ее теоретическая производительность может вычисляться как для машин-агрегатов.

3. Число операций, на которые дифференцируется технологический процесс, зависит от самого способа его реализации. Этим операциям значительно больше для поточной линии, составленной из серийных машин, чем для линии из машин-агрегатов; соответственно во втором случае — более низкая материалоемкость, потребная производственная площадь и энергоемкость.

4. Из сравнительного рассмотрения конструктивных и технологических схем измельчающих и сепарирующих рабочих органов, исполнительных механизмов и устройств следует возможность создания рациональных агрегатов, исключающих из технологического процесса измельчения-сепарирования ряд обычно выполняющихся вспомогательных операций: питания, равномерного распределения продуктов по приемному фронту рабочего органа, отгрузки и др. В качестве целесообразных технологических схем агрегатированных ИСМ выделены вальцово-пневматическая, вальцово-ситовая и инерционно-ситовая, подвергшиеся экспериментальным исследованиям.

5. Сравнительным исследованием трех модификаций питающего устройства ВП ИСМ установлено, что наиболее целесообразной является модификация с открытым обводным каналом без дополнительного, поскольку обуславливает наименьший коэффициент подсора $\theta_{\text{п}} = 2 \div 8\%$ при скорости воздуха в продуктопроводе $v_{\text{п}} = 26 \div 27$ м/сек.

6. При исследовании операции измельчения и сепарирования продуктов измельчения пшеницы ВС ИСМ с неподвижным дуговым ситом установлено: изменения начальной скорости продукта в интервале $v_{\text{б}} = 6 \div 12$ м/сек и радиуса кривизны сита $r_{\text{с}} = 0,5 \div 1,0$ м незначительно влияют на эффективность сепарирования, поэтому радиус $r_{\text{с}}$ может приниматься в исследованном интервале по конструктивным соображениям; достигается высокая технологическая эффективность разделения продуктов с превалирующим содержанием схода (по ситы № 20 $C = 90\%$ и $P = 10\%$); с уменьшением удельной подачи от $Q_{\text{в}} = 1000$ до $Q_{\text{в}} = 700$ кг/см.сутки для продуктов Π драмой системы выявилась возможность

уменьшить размер ячеей сита от $b_c = 2,5$ мм до $b_c = 1,0$ мм, что позволило достичь высоких показателей сепарирования.

В результате исследования двух модификаций вибропривода дугового сита установлено: вибрация дугового сита более целесообразна вокруг шарнира у верхней границы, чем вокруг центра кривизны, что и принято при дальнейшем исследовании; определены оптимальные значения частоты n_c и угловой амплитуды колебаний α_c , а также размера отверстий b_c дугового сита для продуктов I, II, III и IV дражных систем.

При первичном измельчении зерна кукурузы с целью последующего отделения зародыша: отсос воздуха из подситовой полости нецелесообразен; вальцы производят некоторое нежелательное измельчение зародыша, что снижает степень его выделения; зародышевый продукт выделяется из сходового продукта С, составляющего $80 \div 85\%$ исходного, что облегчает операцию выделения.

7. Если считать приемлемым извлечение зародыша, достигнутое в промышленности около $30 \div 55\%$, то с применением ИС ИСМ можно значительно упростить технологический процесс, обрабатывая после нее с целью выделения зародыша только сходовой продукт, составляющий по массе около 60% от исходного зерна. В этом случае при оптимальных параметрах: кинематических - $v_c = 35 \div 42$ м/сек, геометрических - $d = 5,0$ мм и угле наклона обечайки $\alpha = 0,1$ рад, нагрузочных - $Q_s = 166 \div 200$ кг/см. сутки и технологических - $b_n = 14,2 \div 15,5\%$ и T_o до 5 час, получены коэффициенты $K_{zc} = 0,54 \div 0,58$ и $K_z = 0,70$.

8. При оптимальных параметрах первичного измельчения на ИС ИСМ ошелушенного зерна кукурузы получены более высокие значения коэффициентов $K_{zc} = 0,75$ и $K_z = 0,83$.

9. В результате первичного измельчения на ИС ИСМ нешелушенного и ошелушенного зерна пшеницы получены промежуточные продукты более низкого качества, чем при измельчении вальцами. При двухступенчатом измельчении зерна пшеницы, когда измельчение производилось ударом зерна о

kozyрки в центробежном измельчителе, а разделение продуктов измельчения на ИС ИСМ, качество промежуточных продуктов несколько повысилось, оставаясь все же более низким, чем предусмотрено правилами организации и ведения технологического процесса на мельницах.

Таким образом ВП ИСМ целесообразна для комплектных мельниц; ВС ИСМ может найти применение на мельницах для различных технологических процессов измельчения пшеницы; ИС ИСМ целесообразна для первичного измельчения зерна кукурузы с последующим отделением зародыша.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях.

1. Возможность создания малогабаритной измельчающе-сепарирующей машины. Тезисы докладов XXУ научной конференции Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова, 1963.

2. Исследование в области выбора оптимальной технологической схемы малогабаритной агрегатированной измельчающе-сепарирующей машины (ИСМ). Тезисы докладов XXУ1 научной конференции Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова, 1964.

3. О выборе оптимальной технологической схемы малогабаритной агрегатированной измельчающе-сепарирующей машины. Сборник статей аспирантов и соискателей МВССО Казахской ССР, серия „Технические науки“, том II, Алма-Ата, 1966.

4. Первичное измельчение зерна кукурузы в инерционно-ситовой измельчающе-сепарирующей машине. Тезисы докладов XXУII научной конференции Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова, 1965.

5. Измельчение зерна кукурузы инерционно-ситовой измельчающе-сепарирующей машиной. Журнал Известия ВУЗов. „Пищевая технология“, № 1, 1966.

6. Отделение кукурузного зародыша на инерционно-ситовой измельчающе-сепарирующей машине. Журнал „Хранение и переработка зерна“, ЦИНТИ Госкомзага СМ СССР, № 2, М., 1966.

7. Исследование целесообразности применения измельчающе-сепарирующих машин (ИСМ) при сортовом помоле пшеницы и первичном измельчении кукурузы. Тезисы докладов XXIII научной конференции Одесского технологического института имени М.В.Ломоносова, 1966.

—*— —*— —*— —*— —*—

БР 07288 Подписано к печати 14/У1-67 г. Объем 1,6 печ.л.
Уч.изд.л. 1,7 Заказ № 108 Тираж 200 экз. 1967 г.

Печатная лаборатория ОТИ имени М.В.Ломоносова
Одесса, ул. Свердлова, 112