

С 59

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени И. В. СТАЛИНА

Инж. СОКОЛОВ Н. П.

С55

С

**ЗАВИСИМОСТЬ
МЕЖДУ КОЛИЧЕСТВОМ И КАЧЕСТВОМ
ПРОДУКТОВ, ИЗВЛЕКАЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ
РАЗМОЛА ПШЕНИЦЫ НА ДРАНЫХ СИСТЕМАХ**

Переучет 1955

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

144492

Одесский Технологический
Институт
им. И. В. Сталина
БИБЛИОТЕКА

Одесса, 1955 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

Успешное выполнение решений XIX съезда КПСС в мукомольной промышленности во многом зависит от улучшения технологических процессов.

Рост производства муки и крупы, дальнейшее серьезное повышение их качества, увеличение выхода высоких сортов муки, повышение степени использования зерна требует дальнейшего улучшения процесса переработки зерна в муку.

Творческие усилия ученых, инженеров, техников и новаторов мельниц направлены на совершенствование технологии и повышение использования производственных площадей и мощностей в целях удовлетворения все возрастающих потребностей народа в муке высокого качества.

За последние годы в этом направлении достигнуты значительные успехи.

Однако, в области установления режима помола до настоящего времени господствует эмпирический способ решения задачи о наивыгоднейшем режиме. В правилах организации и ведения технологического процесса на мельницах Главмуки на основании данных практики указаны лишь границы (например: 45—55% для II драной системы), в пределах которых можно найти наивыгоднейшую степень измельчения зерна или его частей на той или иной драной системе. Крупчатник в пределах указанных границ органолептически устанавливает тот или иной режим помола, степень приближения которого к наиболее выгодному зависит от совершенства его практических навыков. Этот субъективный, органолептический способ далек от практически необходимого и является одним из тормозов дальнейшего улучшения технологического процесса на мельнице.

2. КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ДРАНОГО ПРОЦЕССА. ЗАДАЧИ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Драной процесс является одним из важных этапов технологического процесса сортового помола пшеницы.

Поэтому он привлекал и до сего времени привлекает к себе внимание ученых, инженеров и практиков-технологов.

Еще в 1862 г. о драном процессе, осуществлявшемся русскими крупчатниками, писал Д. И. Менделеев. П. А. Афанасьев (1883) указывал на зависимость качества муки от приема (режима), каким ведется помол и подчеркивал влияние на режим помола структурно-механических свойств зерна и средств, которыми осуществляется помол.

Под режимом помола на той или иной драной системе понимается совокупность факторов, предопределяющих результат помола по показателям: степень измельчения зерна или его частей, качество полученных продуктов измельчения, удельный расход энергии на собственно размол.

При измельчении одного и того же зерна или продукта при постоянной удельной производительности размалывающей машины к главным факторам, изменение которых влияет на результаты помола, относятся: форма и вид поверхностей рабочих органов размалывающей машины, их геометрические и кинематические параметры, величина зазора между рабочими поверхностями размалывающей машины.

Изучением влияния этих факторов на показатели режима помола на драных системах занимались многие ученые, инженеры и практики-технологи.

Исследованиями О. С. Воронцова (1933) и А. В. Панченко (1934), установлено, что при больших окружных скоростях валков вальцевых станков наблюдается интенсивное измельчение оболочек зерна, ведущее к ухудшению качества извлекаемого продукта. Влияние окружных скоростей валков на технологический эффект работы вальцевого станка драной системы исследовал П. А. Козьмин (1935). Выдвинутая им теория, подвергалась научно-экспериментальной проверке Е. П. Козьминой (1937). И. А. Наумов (1948) изучал влияние взаиморасположения и уклона рифлей валков на выход и качество извлекаемых в драном процессе продуктов.

К первым попыткам установить взаимосвязь между показателями режима помола относится работа К. П. Фролова, Н. П. Соколова и др. (1936). Ими было установлено наличие зависимости между степенью измельчения продуктов на основных драных системах, удельным расходом энергии в целом на весь технологический процесс и качеством получаемой муки. Исследованием зависимости между количеством и качеством извлеченного продукта по фракциям и величиной общего извлечения — является труд П. Т. Эйдуса (1937). Влияние режима и отсюда степени развитости драного процесса на удельный расход энергии исследовалось Н. П. Соколовым и В. П. Пышкиным (1938). В результате авторы пришли к выводу, что максимально высокий режим помола, точно так же как и крайне низкий режим, не дает положительного эффекта с точки зрения удельного расхода энергии. А. Р. Демидов (1948) изучал взаимосвязь между величиной извлечения на I драной системе и удельным расходом энергии на измельчение зерна. Исследование режима помола на основных драных системах для выявления зависимости между величиной извлечения и качеством извлеченного продукта — было диссертационной работой Н. Г. Федотова (1949). Аналогичная работа опубликована и И. Е. Мамбишем совместно с А. А. Рыбкниной (1950).

Задачей данной работы являлось установление некоторых причин, вызывающих изменение качества извлеченного продукта и нахождение математического выражения взаимосвязи двух параметров режима помола на основных драных системах — количества и качества извлечения.

Работа преследовала цель найти и предложить объективный способ для установления параметров оптимального режима помола.

Под оптимальным режимом помола понимается такой, который обеспечивает наилучший результат измельчения по показателю качества извлеченного продукта.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЗЕРНА

а) Причины изменения качества извлеченного продукта

Экспериментальные исследования и данные практики показывают, что на той или иной драной системе качество извлеченного продукта улучшается до какой-то величины извлечения, а затем начинает ухудшаться.

Теоретическое исследование ряда величин, принимающих участие в процессе разрушения зерна или частицы продукта, позволило установить степень их влияния на содержание приращенной поверхности эндосперма в общем количестве таковой, а отсюда и возможные причины, вызывающие улучшение качества извлеченного продукта до какой-то величины извлечения.

Исследованию было подвергнуто шесть величин:

$\Delta V_{об}$ — содержание оболочек в деформируемой части продукта;

A — работа, затраченная на разрушение частицы продукта;

$g_{энд}$ — величина удельной работы упругой и пластической деформации эндосперма;

$g_{об}$ — то же оболочек;

$\sigma_{энд}$ — величина работы, потребная для образования единицы новой поверхности эндосперма;

$\sigma_{об}$ — то же оболочек.

В основу исследования были положены три гипотезы:

1. Работа, потребная для разрушения тела, складывается из двух частей:

$$A = \sigma \cdot \Delta S + g \cdot \Delta V,$$

где:

$\sigma \cdot \Delta S$ — работа, превращающаяся в свободную поверхностную энергию вновь образовавшейся поверхности разрыва ΔS ;

$g \cdot \Delta V$ — работа, затрачиваемая на упругую и пластическую деформации, пропорциональная деформируемому объему тела ΔV (П. А. Ребиндер).

2. Величина удельной работы упругой и пластической деформации g и работы, потребной для образования единицы новой поверхности σ , для эндосперма меньше, чем для оболочек.

3. Работа, затрачиваемая на разрушение деформируемой частицы продукта, распределяется между эндоспермом и оболочками, из которых эта частица состоит, пропорционально их деформируемым объемам.

Исходя из гипотезы П. А. Ребиндера работу разрушения зерна или его частей можно выразить:

$$A = \sigma_{\text{энд}} \cdot \Delta S_{\text{энд}} + g_{\text{энд}} \cdot \Delta V_{\text{энд}} + \sigma_{\text{об}} \cdot \Delta S_{\text{об}} + g_{\text{об}} \cdot \Delta V_{\text{об}}, \quad (1)$$

где:

$\Delta S_{\text{энд}}$ — количество приращенной поверхности эндосперма;

$\Delta S_{\text{об}}$ — то же оболочек;

$\Delta V_{\text{энд}}$ — деформируемый объем эндосперма;

$\Delta V_{\text{об}}$ — то же оболочек.

Величины приращенной поверхности эндосперма и оболочек будут равны:

$$\Delta S_{\text{энд}} = \frac{A \cdot \Delta V_{\text{энд}}}{\sigma_{\text{энд}} \cdot \Delta V} - \frac{g_{\text{энд}} \cdot \Delta V_{\text{энд}}}{\sigma_{\text{энд}}}, \quad (2)$$

$$\Delta S_{\text{об}} = \frac{A \cdot \Delta V_{\text{об}}}{\sigma_{\text{об}} \cdot \Delta V} - \frac{g_{\text{об}} \cdot \Delta V_{\text{об}}}{\sigma_{\text{об}}}, \quad (3)$$

где: $\Delta V = \Delta V_{\text{энд}} + \Delta V_{\text{об}}$.

Содержание приращенной поверхности эндосперма в общем количестве приращенной поверхности:

$$C_{\text{энд}} = \frac{\Delta S_{\text{энд}}}{\Delta S_{\text{энд}} + \Delta S_{\text{об}}} = \frac{\Delta S_{\text{энд}}}{\Delta S} \quad (4)$$

Приняв, что деформируемый объем зерна или его частей всегда равен единице (т. е. $\Delta V_{\text{энд}} = 1 - \Delta V_{\text{об}}$) и подставив выражения (2 и 3) в уравнение (4), после преобразования будем иметь:

$$C_{\text{энд}} = \frac{t}{k} + \frac{\frac{t \cdot m}{k} - P}{k \cdot A - m}, \quad (5)$$

где $t = \sigma_{\text{об}} (1 - \Delta V_{\text{об}})$;

$$k = \sigma_{\text{об}} (1 - \Delta V_{\text{об}}) + \sigma_{\text{энд}} \cdot \Delta V_{\text{об}};$$

$$m = g_{\text{энд}} \cdot \sigma_{\text{об}} - \Delta V_{\text{об}} (g_{\text{энд}} \cdot \sigma_{\text{об}} - g_{\text{об}} \cdot \sigma_{\text{энд}});$$

$$P = g_{\text{энд}} \cdot \sigma_{\text{об}} (1 - \Delta V_{\text{об}}).$$

Быстрота изменения приращенной поверхности эндосперма с изменением величины суммарной работы разрушения, если остальные величины являются постоянными, будет равна первой производной $C_{\text{энд}}$ по A :

$$\frac{dC_{\text{энд}}}{dA} = - \frac{t \cdot m + P \cdot k}{(k \cdot A - m)^2}. \quad (6)$$

Так как $\frac{dC_{\text{энд}}}{dA}$ — величина отрицательная, функция $C_{\text{энд}} = f(A)$ изменяется в сторону уменьшения.

Уравнения (5 и 6) показывают, что при $\sigma_{\text{энд}}, \sigma_{\text{об}}, g_{\text{энд}}, g_{\text{об}}, \Delta V_{\text{об}} = \text{const}$ по мере роста величины суммарной работы разрушения (A) содержание приращенной поверхности эндосперма в измельченной частице продукта ($C_{\text{энд}}$) будет уменьшаться, стремясь к величине $\frac{t}{k}$, т. к. второй член правой части уравнения (5) будет стремиться к нулю.

Стремление $C_{\text{энд}}$ к этой величине с ростом A дает основание полагать, что численное значение второго члена правой части уравнения (5) по сравнению с первым членом, даже при сравнительно небольших значениях A , является величиной малого порядка.

Так как при измельчении зерна или его частей даже при высоком режиме помола образуется в единице объема продукта сравнительно большое количество приращенной поверхности, требующее затраты значительной величины работы разрушения, то для условий помола на мельнице можно считать, что сумма членов практически равносильна значению первого члена.

Так как величины $A, g_{\text{энд}}$ и $g_{\text{об}}$ входят только во второй член правой части уравнения, имеется основание сделать следующий вывод:

Содержание приращенной поверхности эндосперма $C_{\text{энд}}$ при большой степени измельчения от величины работы разрушения A и величин удельной работы упругой и пластической деформаций эндосперма и оболочек $g_{\text{энд}}$ и $g_{\text{об}}$ практически не зависит.

Поэтому, отбрасывая для упрощения уравнения (5) второй член, имеем:

$$C_{\text{энд}} = \frac{t}{k} = \frac{\sigma_{\text{об}} (1 - \Delta V_{\text{об}})}{\sigma_{\text{об}} (1 - \Delta V_{\text{об}}) + \sigma_{\text{энд}} \cdot \Delta V_{\text{об}}} \quad (7)$$

Таким образом, из шести величин, участвующих в процессе разрушения зерна или частицы продукта, только изменение трех ($\sigma_{\text{энд}}, \sigma_{\text{об}}$ и $\Delta V_{\text{об}}$) может служить причиной изменения содержания приращенной поверхности эндосперма, а отсюда и изменения качества извлекаемого продукта на той или иной драной системе в зависимости от величины извлечения.

Уравнение (7) показывает, что $C_{\text{энд}}$ прямо пропорционально $\sigma_{\text{об}}$ и обратно пропорционально $\sigma_{\text{энд}}$ и $\Delta V_{\text{об}}$.

Для выяснения возможности изменения величин $\sigma_{\text{энд}}$ и $\sigma_{\text{об}}$ в процессе разрушения зерна или частицы продукта обратимся к следующим данным.

А. Р. Демидовым выдвинута гипотеза, что по мере увеличения кратности разрушения, т. е. по мере увеличения степени из-

« σ целого зерна $> \sigma'$ половинок $> \sigma''$ развернутого зерна». Он объясняет это появлением микротрещин при первичном разрушении.

Проведенные А. Л. Шполянской на лабораторном копире опыты по определению для указанных продуктов величин удельной работы разрушения, подтвердили справедливость выдвинутой гипотезы. Были получены следующие величины работы для разрушения 1 кг.:

- А зерна — 352 кГм;
- А половинок — 200 кГм;
- А развернутых зерен — 170 кГм.

Это доказывает, что $\sigma_{\text{энд}}$ и $\sigma_{\text{об}}$ в процессе разрушения меняют свое численное значение, т. е. являются величинами переменными.

Надо полагать, что убывание механической прочности частицы продукта происходит, главным образом, за счет эндосперма. Он обладает незначительными, по сравнению с оболочками, упругими свойствами, является хрупким телом и поэтому в нем при деформации появляются микротрещины, влекущие за собой понижение прочности. Количество же микротрещин, появляющихся при деформации в эластичных оболочках, практически близко к нулю. Поэтому следует считать, что из двух величин $\sigma_{\text{энд}}$ и $\sigma_{\text{об}}$ лишь $\sigma_{\text{энд}}$ практически является переменной и может служить причиной ухудшения качества извлеченного продукта до какой-то величины извлечения.

Происходящее изменение $\sigma_{\text{энд}}$ может быть представлено в следующем виде.

В процессе разрушения количество микротрещин в единице деформируемого объема продукта не остается постоянным. Во время нахождения продукта в зоне измельчения он подвергается многократному разрушению, вследствие чего его приращенная поверхность ΔS непрерывно возрастает. При первичном разрушении в единице объема полученных частиц продукта появляются микротрещины, количество которых в каждом последующем разрушении увеличивается. Часть имевшихся и вновь появившихся микротрещин превращается в плоскости разрушения этих частиц, образуя новую поверхность. Но при этом рост микротрещин обгоняет рост плоскостей разрушения, вследствие чего $\sigma_{\text{энд}}$ для каждого последующего разрушения будет меньше, чем для предыдущего. По мере дальнейшего продвижения частиц продукта в зоне измельчения через клинообразную щель, возрастает общее количество поверхности (ΔS), но образование новых микротрещин начинает отставать от числа вновь образованных плоскостей разрушения. В этом случае $\sigma_{\text{энд}}$ для каждого последующего разрушения будет больше чем для предыдущего.

Приняв это предложение о характере разрушения эндосперма в зоне измельчения, мы имеем основание сказать, что функция

существования, а имеет в какой-то точке ΔS_1 — экстремум. Причем $f''(\Delta S_1) > 0$, т. е. в точке ΔS_1 будет минимум функции $\sigma_{\text{энд}} = f(\Delta S)$.

Математическую структуру функции $\sigma_{\text{энд}} = f(\Delta S)$ можно представить следующим образом.

Ускорение изменения величины работы, потребной для образования единицы новой поверхности эндосперма, в зависимости от изменения количества вновь образованной поверхности (ΔS), будет равно $\frac{d^2 \sigma_{\text{энд}}}{d \Delta S^2}$.

Оно будет прямо пропорционально отношению быстроты изменения величины работы, потребной для образования единицы новой поверхности эндосперма $\frac{d \sigma_{\text{энд}}}{d \Delta S}$, при данном текущем значении ΔS , суммированной с первоначальной быстротой изменения величины работы, потребной для образования единицы новой поверхности эндосперма h , к количеству вновь образованной поверхности продукта ΔS .

Вводя коэффициент пропорциональности l , можно написать следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 \sigma_{\text{энд}}}{d \Delta S^2} = l \frac{\frac{d \sigma_{\text{энд}}}{d \Delta S} + h}{\Delta S} \quad (8)$$

Интеграл этого уравнения будет равен:

$$\sigma_{\text{энд}} = \frac{c_1}{l+1} \Delta S^{l+1} - h \cdot \Delta S + c_2.$$

Если обозначить

$$\frac{c_1}{l+1} = B; \quad l+1 = n; \quad c_2 = D,$$

то уравнение примет вид:

$$\sigma_{\text{энд}} = B \cdot \Delta S^n - h \cdot \Delta S + D. \quad (9)$$

Точка (ΔS_1), в которой функция имеет экстремум, определится, если первую производную этого уравнения приравнять нулю и решить полученное уравнение.

$$\Delta S_1 = \sqrt[n-1]{\frac{h}{n \cdot B}}. \quad (10)$$

Для того чтобы в точке ΔS_1 был минимум функции, должно иметь место неравенство: $\frac{d^2 \sigma_{\text{энд}}}{d \Delta S^2} > 0$. Следовательно, величина $(n-1) \cdot n \cdot B \cdot \Delta S_1^{n-2}$ всегда должна быть больше нуля.

Последнее обеспечивается при условии: $n > 1$; $B > 0$.

В процессе разрушения зерна или частицы продукта может иметь место и изменение величины $\Delta V_{об}$, например:

Если предположить, что при продвижении частицы продукта в зоне измельчения, при первичном разрушении лишь часть объема эндосперма участвует в деформации и доля его участия увеличивается в последующих разрушениях, то будем иметь положение, при котором содержание оболочек ($\Delta V_{об}$) в деформируемой части продукта будет уменьшаться до какой-то величины вновь образованной поверхности (ΔS_1). Следовательно, согласно уравнения (7) $C_{энд}$ будет увеличиваться.

Таким образом, если исходить из указанных в теоретическом исследовании гипотез, причинами, вызывающими улучшение качества извлеченного продукта до какой-то величины извлечения, могут быть две:

1. Убывание до какой-то величины извлечения механической прочности эндосперма за счет появления в нем при разрушении микротрещин.

2. Рост до какой-то величины извлечения доли участия в деформации объема эндосперма частицы продукта, подвергающейся разрушению, вследствие чего содержание оболочек в деформируемой части будет до какой-то величины вновь образованной поверхности уменьшаться.

б) Истинное качество извлеченного продукта

Сказанное выше говорит о том, что содержание оболочек в приращаемой величине извлечения зависит от ряда переменных факторов, следовательно и само оно является переменной величиной.

Истинное содержание оболочек в извлечении выразится пределом, к которому стремится среднее содержание оболочек в извлечении $y_{средн}$, когда величина приращаемого извлечения стремится к нулю.

$$y_{ист} = \frac{dq_{об}}{dU} \quad (11)$$

где:

U — количество продукта, полученного проходом через сито, т. е. количество извлечения;

$q_{об}$ — количество оболочек в извлечении.

Физический смысл и практическое значение истинных величин содержания оболочек в извлечении следующее. Если, например, в одном случае извлекли 40% продукта, а во втором 41%, то $y_{ист}$ показывает, каково содержание оболочек в этом сорок первом проценте, т. е. каково его качество.

Отсюда, зная величину истинного качества извлеченного продукта, можно судить, целесообразно ли, например, увеличивать

извлечение с 40 до 41% или с 50 до 51%, не будет ли это дополнительное извлечение, равное одному проценту, значительно хуже по качеству, чем все предыдущее извлечение.

в) Гипотеза зависимости между количеством и качеством извлеченного продукта

По мере увеличения извлечения растет содержание оболочек в сходе с сита.

Данные исследований показывают, что зависимость между величиной извлечения I на той или иной драной системе и содержанием оболочек в сходе с сита, которым определяется величина извлечения $y_{сх}$, графически выражается кривой типа параболы. Известно, что уравнение параболы в общем виде выражается многочленом n -й степени. Положим, что указанная зависимость выражается частным случаем многочлена в виде:

$$y_{сх} = -t \cdot U^{n+2} + a \cdot U^n + p \cdot U^{n-1} + \dots + m \cdot U^2 + k \cdot U + q, \quad (12)$$

где коэффициент при U^{n+1} равен нулю, а коэффициенты у членов, имеющих аргумент в степени от 2 до n , равны между собой ($a=p=\dots=m$).

Тогда содержание оболочек в извлечении выразится уравнением:

$$y = -tU^{n+2} + t \cdot U^{n+1} + a \cdot U^n + \dots + (k-a)U + (q-k). \quad (13)$$

Если принять, что $k-a=b$; $q-k=c$, то:

$$y = [t \cdot (U - U^2) + a] U^n + b \cdot U + c. \quad (13a)$$

Так как $U \leq 1$, то $(U - U^2) \geq 0$. При $t > 0$ первый член правой части уравнения (13a) всегда будет > 0 . При $U \rightarrow 1$ $t(U - U^2) \rightarrow 0$, $[t(U - U^2) + a] U^n \rightarrow a \cdot U^n$.

При $b < 0$ функция имеет экстремум.

4. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Исследование проведено в производственных условиях на учебно-экспериментальной мельнице Всесоюзной школы мастеров крупчатников при переработке яровой пшеницы I типа Омской области.

Подготовка пшеницы к помолу осуществлялась по обычной для сортовых помолов схеме.

Техническая характеристика вальцевых станков: диаметр валков 250 мм; длина валков 800 мм; окружная скорость быстро-вращающегося валка 6 м/сек.; отношение окружных скоростей валков 2,5 : 1; число рифлей на I др. с. — 12, на II др. с. — 14; уклон рифлей 6% и взаиморасположение рифлей парноработающих валков — острое по острiu.

Различная степень измельчения достигалась путем изменения величины зазора между рабочими валками при постоянной нагрузке ($600 \frac{\text{кг}}{\text{см.сутки}}$) и качестве измельчаемого продукта.

Величина извлечения определялась путем просеивания навесок отобранного из-под валков продукта весом 100 грамм, на проволочном сите № 20 (1.0) рассевка анализатора в течение 5 минут.

Вторая драная система исследовалась при трех извлечениях на первой драной системе: 9,5%, 15,0% и 28,0%.

Зольность продуктов определялась в двух повторностях.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ КОЛИЧЕСТВОМ И КАЧЕСТВОМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

Данные опытов показали, что на I др. и во всех трех опытах на II др. с. зольность извлечения до какой-то величины извлечения U_1 уменьшается, а затем начинает возрастать.

Величина U_1 и соответствующая ей зольность для каждого опыта имеют свое численное значение.

Аналогичный характер изменения зольности извлеченного продукта во всех случаях говорит о наличии определенной закономерности.

Математическая обработка данных исследования показала, что существующая функциональная зависимость между количеством и качеством извлечения на I и II драных системах в общем виде может быть выражена уравнением параболы, аналогичным (13а):

$$z = [t(U - U^2) + a] U^n - b \cdot U + c, \quad (14)$$

где:

z — зольность извлечения в %;

U — количество извлечения, выраженное в долях единицы, где за единицу принято количество поступившего на размол продукта;

t, a, b, c — коэффициенты пропорциональности и

n — показатель степени.

График этой функции назван нами характеристической кривой режима помола.

Проверка подтвердила достаточную точность совпадения вычисленных величин зольности с экспериментальными данными. Из 37 величин зольности, полученных в результате опытов, совпадают с вычисленными по формулам значениями — 11; отклоняются в абсолютных величинах зольности на 0,01% — 9; на 0,02% — 6; на 0,03% — 7; на 0,04% — 3 и на 0,05% — 1.

Величина максимального отклонения (0,05%) не превышает нормы допустимых отклонений при определении зольности.

Для того чтобы установить, является ли предложенное уравнение (14) выражением лишь частного случая (наших опытов)

или же отражает действительно существующую закономерность — нами были подвергнуты математической обработке данные исследования И. Е. Мамбиша и А. А. Рыбкиной. Результаты обработки показали, что для всех четырех драных систем зависимость между количеством и качеством извлечения также выражается уравнением (14). Из 46 величин зольности совпадают или отклоняются от вычисленных по формулам на 0,01% — 30 или 65%; совпадают или отклоняются на 0,05% — 41 или около 90%. Максимальное отклонение (один случай) равно 0,11%.

Данные Н. Г. Федотова для I и II др. с. и А. С. Данилина для II др. с. мелкой, также подтвердили реальность уравнения (14).

Анализ полученных уравнений как для наших опытов, так и опытов указанных выше авторов, показал, что при режимах помола, которые были применены в этих исследованиях, для I и II драных систем имеет место частный случай уравнения (14), когда t равно нулю. В этом случае оно имеет вид:

$$z = a \cdot U^n - b \cdot U + c \quad (15)$$

Это уравнение аналогично уравнению (9).

Математическое исследование уравнения зависимости между количеством и качеством извлечения позволило найти ряд формул, при помощи которых, зная в уравнении (14) численные значения коэффициентов t, a, b, c и показатель степени n можно определить: параметры оптимального режима, качество схода для любой величины извлечения, среднее и истинное качество извлеченного продукта для любой величины извлечения, вымалывающую способность рабочих органов размалывающей машины и вымалываемость сырья (его мукомольные свойства).

Это дает возможность устанавливать влияние изменения способа подготовки зерна к помолу, влияние на вымалывающую способность рабочих органов размалывающей машины, изменения их технической характеристики, влияние величины извлечения на предыдущей драной системе на параметры оптимального режима данной драной системы и др.

В работе приведены способы применения результатов исследования.

6. ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НА КРУПКООБРАЗУЮЩЕЕ СВОЙСТВО ЗЕРНА ИЛИ ЕГО ЧАСТЕЙ

В том случае, когда при равных условиях размалываются два сорта пшеницы и получается при одинаковой величине извлечения различный выход крупки и муки, или при одинаковом выходе муки различное содержание крупных частиц, мы можем говорить об отсутствии у них одинакового свойства оказывать со-

противление разрушающим усилиям, т. е. о различных крупкообразующих свойствах.

Показателем, характеризующим крупкообразующее свойство, нами принято содержание наиболее крупных частиц в извлеченном продукте, выраженное в %.

В том случае, когда при различных условиях размалывается одно и то же зерно или одинаковый продукт и получается различное содержание крупных частиц в извлечении через одну и то же сито, мы можем говорить о наличии причин, влияющих на крупкообразующее свойство зерна или продукта.

Анализ результатов наших опытов показал, что при величинах извлечения на I и II др. с., не превышающих извлечения, которое является параметром оптимального режима помола (при $U \leq U_{\text{опт}}$), показатель крупкообразующего свойства зерна или его частей остается почти без изменения. В диапазоне, лежащем за величиной извлечения, являющейся параметром оптимального режима помола (при $U \geq U_{\text{опт}}$) по мере роста величины извлечения показатель крупкообразующего свойства уменьшается. (Содержание крупной крупки определялось путем просеивания через проволочные сита № 20 (1) и 34 (0,55) навески измельченного продукта в 100 грамм на рассевке-анализаторе в течение 5 минут).

Проверка показала, что эту зависимость подтверждают также данные исследований Мамбиша и др.

Это позволяет утверждать, что обнаруженный характер влияния величины извлечения на крупкообразующее свойство зерна или его частей является не случайным, а закономерным и отражает с новой стороны такой показатель режима помола как качество извлеченного продукта.

На драных системах (первых трех-четырех) по мере увеличения извлечения свыше величины, являющейся параметром оптимального режима помола, ухудшается качество извлеченного продукта, не только по показателю содержания в нем измельченных оболочек, но и по показателю содержания крупных частиц.

Следовательно, величину извлечения, близкую к параметру оптимального режима помола, можно находить при помощи анализа извлеченных продуктов на соответствующих ситах.

7. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В процессе теоретического исследования было установлено, что улучшение качества извлекаемого продукта до какой-то величины извлечения практически может зависеть от двух величин: $\sigma_{\text{энд}}$ и $\Delta V_{\text{об}}$.

Реальность существования функциональной зависимости между $\sigma_{\text{энд}}$ и ΔS и предложенного вида математической структуры ее выражения (см. уравнение 9) подтверждается наличием аналогичной зависимости между качеством и величиной извле-

жения, полученной в результате обработки данных наших исследований и исследований других авторов. Для I и II др. с. эта зависимость выразилась уравнением $z = aU - bU + c$, т. е. параболой n -й степени, аналогичной предложенной для функции $\sigma_{\text{энд}} = f(\Delta S)$.

Основанием для выдвижения второй возможной причины (изменение $\Delta V_{\text{об}}$), вызывающей улучшение качества извлекаемого продукта до какой-то величины извлечения, явились результаты теоретического исследования зависимости между содержанием вновь образованной поверхности ($S_{\text{энд}}$) в общем количестве таковой и содержанием оболочек в деформируемой частице продукта ($\Delta V_{\text{об}}$), которые показали, что изменение $\Delta V_{\text{об}}$ оказывает значительное влияние на $S_{\text{энд}}$.

2. Величина извлечения на той или иной драной системе, соответствующая оптимальному режиму, является переменной и диапазон ее изменения может достигать значительных величин, достигающих до 20—25%. Переменным является и другой параметр оптимального режима — качество извлекаемого продукта. Они зависят от структурно-механических свойств зерна, технической характеристики рабочих органов размалывающей машины и др.

Поэтому рекомендация постоянной величины извлечения для всех случаев, без учета конкретных условий ее применимости, в основе своей ошибочна.

3. В большинстве случаев, при исследовании мукомольных свойств различных сортов зерна, влияния изменения технической характеристики рабочих органов размалывающей машины и др. пользуются стабильными режимами помола на драных системах. Такая методика может быть состоятельной лишь при справедливости гипотезы о неизменности величины извлечения, соответствующей оптимальному режиму. Результаты нашего исследования не подтверждают ее. Следовательно они доказывают неприемственность этой методики и ставят под сомнение правильность выводов проведенных по ней исследований.

4. Результаты исследования убеждают, что указания границ величины извлечения на той или иной драной системе недостаточно для установления наивыгоднейшего режима помола при данных конкретных условиях. Правила организации и ведения технологического процесса дают лишь ориентир для нахождения оптимального режима. Фактически же необходимые величины должны устанавливаться, исходя из конкретных условий той мельнице.

5. Установлено, что между величиной извлечения на той или иной драной системе и качеством извлеченного продукта существует функциональная зависимость, которая в общем выражается уравнением (14).

Это математическое выражение указанной функциональной зависимости, представленное в виде уравнения пара-