

664
И 75

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ИОРГАЧЕВА ЕКАТЕРИНА ГЕОРГИЕВНА

УДК 664:539.215.004.12

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ТЕЧЕНИЯ И
СПОСОБНОСТИ К СВОДОБРАЗОВАНИЮ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Одесса - 1987

SV

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для реализации решений XXVI съезда КПСС и Продовольственной программы СССР необходимо расширить мощности всех отраслей агропромышленного комплекса. В машиностроении для пищевой промышленности, сельского хозяйства, микробиологической, химической, производства минеральных удобрений и других отраслей промышленности, использующих сыпучие материалы (СМ) в качестве сырья, полуфабриката и готовой продукции, необходимо разработать высокоэффективные аппараты, машины и оборудование.

Накопление, транспортирование, перемещение СМ сопровождается таким нежелательным явлением как образование сводов при истечении их из емкостей. Одной из причин этого является то, что совершенствование технологических процессов, методы расчета технологических аппаратов и оборудования базируются на физических и, соответствующих им, математических моделях, неадекватно отражающих физическое состояние СМ. Поэтому разработка устройств надежного контроля параметров СМ является основным методологическим направлением совершенствования расчета и проектирования аппаратов и технологического оборудования по переработке СМ и управления качеством готовой продукции.

Целью работы является разработка методов оценки процессов начала течения и способности к сводообразованию СМ для обеспечения надежного функционирования систем, связанных с их накоплением, дозированием и перемещением.

Задачи работы:

развить теорию начала течения СМ, выяснить основные причины, способствующие сводообразованию (с использованием системного подхода к анализу этих процессов);

предложить параметр СМ, характеризующий способность его к сводообразованию;

разработать коэффициент, оценивающий способность к сводообразованию СМ, по величине которого провести их классификацию;

создать методики и разработать устройства для оценки процессов начала течения и способности к сводообразованию СМ;

- установить влияние внутренних и внешних параметров СМ на его способность к сводообразованию и начало течения с получением их математических моделей;

на базе проведенных исследований, использовать математические модели способности СМ к сводообразованию и начала течения в расчетной практике при разработке технологических процессов, аппаратов и оборудо-

дования для их хранения, перемещения и дозирования и экономически обосновать.

Научная новизна работы. Раскрыт механизм процесса течения и способности сыпучих материалов к сводообразованию.

Получена аналитическая зависимость основных параметров СМ, характеризующих процесс начала течения и их сводообразования.

Впервые количественно оценивается способность СМ к сводообразованию, предложена классификация их по способности к сводообразованию.

Получены математические модели, характеризующие процесс начало течения и сводообразования, в зависимости от параметров СМ.

Практическая ценность работы. Теоретические выводы подтверждены экспериментально. Данные по параметрам СМ позволили разработать технологию их приготовления, рассчитать технологические процессы, аппараты и оборудование для переработки, хранения и транспортирования СМ.

Предложены научно-обоснованные методы и устройства, по определению процессов начала течения и способности СМ к сводообразованию.

Результаты работы внедрены во ВНИИХСЗР, г. Москва, с экономическим эффектом 55,01 тыс. рублей в год.

Устройства для определения параметров СМ защищены авторским свидетельством № И167476 и положительным решением по заявке № 3915747/28-13 от 26.09.86 г.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на II Республиканской конференции по физико-механике дисперсных систем и материалов, Одесса, 1982 г., отраслевой научно-технической конференции "Пути дальнейшей интенсификации повышения эффективности производства калийных удобрений", Пермь, 1985 г., Всесоюзных конференциях "Технология сыпучих материалов", Белгород, 1986 г. и "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств", Москва, 1986 г., Всесоюзном семинаре "Борьба с отрицательными последствиями адгезии, как одно из направлений по совершенствованию безотходной технологии пищевой промышленности", Москва, 1986 г., отчетных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников ОТИПП им. М.В. Ломоносова, Одесса, 1983-1987 г.

На защиту выносятся следующие научные положения:

аналитическая взаимосвязь напряжения в своде с основными параметрами СМ, характеризующими процесс начала течения;

закономерности начала течения и способности к сводообразованию СМ в зависимости от влияния их внутренних параметров;

коэффициент, оценивающий способность СМ к сводообразованию с разработкой на его основе классификации СМ;

математические модели процессов начала течения СМ и способности их к сводообразованию;

методику и конструкции приборов для оценки СМ к началу течения и способности их к сводообразованию.

Публикация результатов. По теме диссертации опубликовано 11 научных статей, в том числе одно авторское свидетельство и одно положительное решение ВНИИПЭ на выдачу авторского свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений.

Работа изложена на 112 страницах машинописного текста, содержит 59 рисунков, 3 таблицы. Список литературы включает 157 наименований, в том числе 35 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе содержится анализ литературных данных, посвященных разработке методов оценки процессов начала течения и сводообразования СМ. Показано, что теория начала течения и сводообразования раскрыта не полностью. Процессы, происходящие в СМ отражены не в полной мере.

Анализ ранее проводимых исследований И.И. Лиштвана, П.Н. Платонова, А.Д. Зимона, Р.Л. Зенкова, Г.А. Гениева, Л.И. Карнаушенко, Н.К. Залдастанишвили, Н.Г. Дубынина, Ю.И. Макарова, Ю.А. Мачихина, С.А. Мачихина, П.Ф. Овчинникова, Н.Б. Демкина, И.И. Берковича, Г.Я. Негребова, Э. Дженике, Я. Новосада, О. Молеруса, А. Дрешера и др. показывает, что экспериментальные данные по вопросу исследования процессов начала течения противоречивы. Не полно учтено влияние внутренних параметров на основные свойства СМ.

Анализ конструкций устройств для исследования сдвиговых процессов и прочности на разрыв позволил сделать вывод, что они недостаточно научно обоснованы. Отсутствуют объективные методы оценки способности СМ к сводообразованию. Следовательно, отсутствуют достаточно научно-обоснованные критерии, оценивающие способность СМ к сводообразованию.

В связи с этим, обоснована необходимость раскрытия процесса начала течения СМ, развития теории сводообразования, связи параметра, характеризующего сводообразование, с основными сдвиговыми параметрами СМ, разработки методов и устройств для оценки этих процессов, а также проведения комплексного эксперимента.

Во второй главе выделены параметры СМ, характеризующие процесс начала течения: начальное удельное сопротивление сдвигу СМ - τ_{0n} , удельное сопротивление на разрыв СМ - T_n , коэффициент внутреннего трения f_n и способности СМ к сводообразованию - напряжение в своде $\tilde{\sigma}_{0n}$. Приведены функциональная зависимость и параметрическая схема перечисленных процессов. Так для напряжения в своде $\tilde{\sigma}_{0n}$ задача исследования влияния внутренних и внешних параметров СМ будет сводиться к нахождению зависимости следующего вида:

$$\tilde{\sigma}_{0n} = f\{\tilde{\sigma}_n, W, d_i, \rho(B)\} \quad (I)$$

При возникновении свода материал уплотняется и приобретает прочность, достаточную для удержания собственной тяжести. А возможность возникновения свода определяется величиной напряжения в своде, т.е. тем напряжением, которое возникает в момент открытия выпускного отверстия.

Предельное состояние СМ описывается линией предела текучести - ЛПТ, которая представляет собой выпуклую кривую. Все выходные параметры СМ при постоянных внутренних и внешних его параметрах являются функциональными зависимостями от напряженного $\tilde{\sigma}_n$ и предварительно напряженного состояния $\tilde{\sigma}_{упп}$. Поэтому, если СМ, к примеру, находится в состоянии предельного равновесия (точка А), то ему будет соответствовать тангенциальное напряжение сдвигу $\tilde{\tau}_A$ и угол внутреннего трения φ_A (рис. I).

Если снять с СМ напряженное состояние - $\tilde{\sigma}_A$, материал обладая "памятью" напряжения, будет находиться уже в напряженном состоянии $\tilde{\sigma}_{A1}$. В этом случае СМ будет обладать начальным удельным сопротивлением сдвигу $\tilde{\tau}_{0A}$ и напряжением в своде $\tilde{\sigma}_{0A}$. Величину $\tilde{\tau}_{0A}$ графически можно определить проведя касательную EA к т. А до пересечения с осью $\tilde{\tau}_n$ в т. Е. Величина $\tilde{\sigma}_{0A}$ графически находится построением круга Мора, касательного к EA в т. А₁ и проходящего через т. О. Материал в таком состоянии будет характеризоваться главным напряжением $\tilde{\sigma}_2 = 0$, $\tilde{\sigma}_1 = \tilde{\sigma}_{1A1}$, а напряженное состояние материала определяется величиной $\tilde{\sigma}_{0A1}$.

Доказана взаимосвязь $\tilde{\tau}_{0A}$, $\tilde{\sigma}_{0A}$ и φ_A , характеризующих состояние СМ. Из подобных $\triangle FAO$ и $\triangle F_1A_1O_{A1}$ находим

$$A_1O_{A1} = \tilde{\sigma}_{0A1} + AO_{A1} \cdot \sin \varphi_A, \quad (2)$$

откуда:

$$\tilde{\sigma}_{0A} = A_1O_{A1} (1 - \sin \varphi_A), \quad (3)$$

Величина радиуса круга Мора, проходящего через точку $\tilde{\sigma}_2 = 0$ для СМ предварительно находящегося в напряженном состоянии $\tilde{\sigma}_A$ определяется из $\triangle F_1A_1O_{A1}$:

$$A_1O_{A1} = \frac{A_1F_1}{\cos \varphi_A}, \quad (4)$$

С другой стороны:

$$A_1 F_1 = F_1 B_1 + B_1 A_1, \quad (5)$$

Величина $F_1 B_1 = \tau_{0A}$, а $B_1 A_1$ найдем из $\triangle A_1 E B_1$

$$A_1 B_1 = E B_1 \cdot \operatorname{tg} \angle A_1 E B_1 = \tau_{0A} \cdot \operatorname{tg} \varphi_A, \quad (6)$$

Подставив значения (6) в (5), затем в (4) и проведя преобразования, получим:

$$\tau_{0A} = \frac{\tau_{0A} (1 - \sin \varphi_A)}{\cos \varphi_A (1 - (\sin \varphi_A - \sin^2 \varphi_A))}, \quad (7)$$

Кроме аналитического выражения, получена графическая взаимосвязь напряжения в своде с параметрами СМ и его прочностью на разрыв. Для этого в изометрии, в системе координат τ_{0A} , σ_{0A} , T_n , $\sigma_{уплA}$ представлены кривые зависимости вида $\sigma_{0A} = f(\sigma_n)$, $\tau_{0A} = f(\sigma_{уплA})$, $T_n = f(\sigma_{уплA})$, (рис. 2). Если СМ обладает напряжением близким к нулю, то он будет характеризоваться величинами напряжения в своде σ_{0A} , начальным удельным сопротивлением сдвигу τ_{0A} и удельным сопротивлением на разрыв T_n . А при предварительно-напряженном состоянии $\sigma_{уплA}$ СМ характеризуется выходными параметрами τ_{0A} , T_n , σ_{0A} находящимися в плоскости A - плоскости равной плотности укладки СМ, возникшей от $\sigma_{уплA}$. Это соответствует состоянию СМ в момент открытия затвора бункера, испытывавшему ранее напряженное состояние $\sigma_{уплA}$.

Обоснована целесообразность ввода безразмерного коэффициента, характеризующего способность СМ к сводообразованию. Такой величиной является коэффициент сводообразования:

$$\mathcal{K} = \frac{\sigma_{0A}}{\sigma_1}, \quad (8)$$

По величине коэффициента сводообразования $0 < \mathcal{K} < 1$, можно провести классификацию СМ на ряд классов.

В третьей главе приведены описания научно-обоснованных методов и конструкций экспериментальных устройств для оценки параметров СМ.

В соответствии с поставленной целью и задачами работы в качестве объектов исследования выбраны СМ, используемые в различных отраслях Госагропрома: мука пшеничная высшего и первого сортов, крупа манная, какао-порошок, яблочный порошок, молоко сухое, сливки сухие, сыворотка сухая, каолин, мел, аэросил, пшеница, просо.

Основными требованиями при разработке методов исследования и конструкций устройств для определения параметров СМ явилось максимальное приближение этих процессов, при проведении эксперимента, к реальным процессам, имеющим место на практике.

Для исследования параметров СМ, характеризующих процесс начала течения, использовался метод кольцевого сдвига. Предложенный метод и устройство для его осуществления позволяют определять напряженное состояние СМ в плоскости сдвига начальное удельное сопротивление

сдвигу и удельное сопротивление сдвигу при различных напряженных и предварительно напряженных состояниях СМ ; а также последние по ограждающим поверхностям. Конструкция устройства позволяет также вести одновременную запись изменения напряженного состояния и тангенциально-го напряжения в плоскости сдвига, что позволяет раскрыть процессы происходящие в локализованном слое СМ.

Для исследования прочности на разрыв СМ использовался метод разъемного цилиндра. Разработанный метод и устройство позволяют определять прочность на разрыв при низких напряженных состояниях, определять и поддерживать в плоскости разрыва строго заданное напряженное состояние. Установка состоит из нагрузочного стенда, сменных рабочих обойм и измерительного устройства. Конструкция позволяет проводить разрыв слоя СМ варьируя скоростью.

Для определения способности СМ к сводообразованию была разработана методика заключающаяся в том, что после загрузки СМ в цилиндрическую камеру его подвергают нагружению и определяют напряженное состояние СМ в верхнем слое и на дно камеры. Затем нагрузку снимают, измеряют остаточное напряжение на дно камеры σ_{on} . По полученным данным определяют зависимость напряжения в своде σ_{on} СМ от ранее прикладываемого напряжения σ'_1 , а затем рассчитывается коэффициент сводообразования. Принципиальная схема конструкции показана на рис. 3.

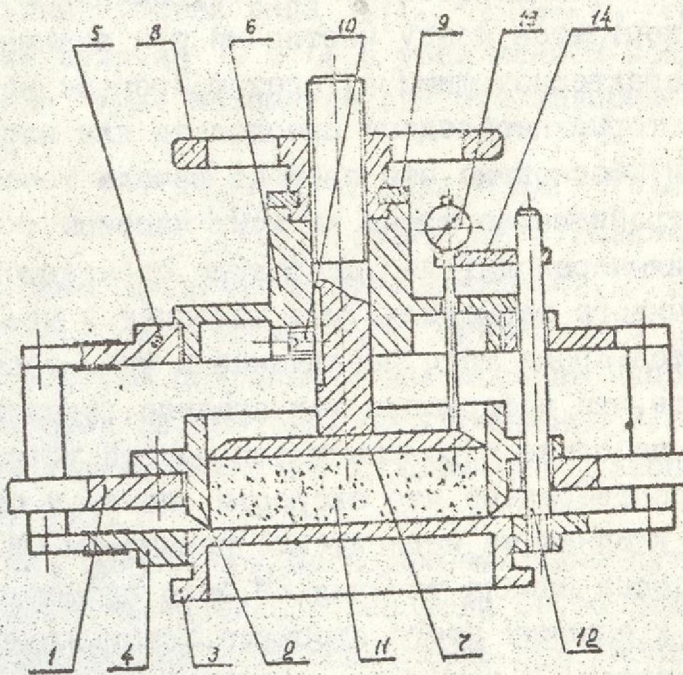


Рис. 3. Принципиальная схема устройства для определения способности СМ к сводообразованию

Для загрузки исследуемого материала снимается измерительная система (детали 6,7,8), загружается материал. Лишний слой СМ срезается по верхнему торцу цилиндрической камеры. 2. После этого устанавливается нагрузочная система на тензокольцо 5. Поршень 7 опускается вниз до соприкосновения с верхним слоем СМ. Прикладывается заданная нагрузка к верхнему слою и измеряется напряженное состояние в верхнем слое СМ при помощи тензокольца 5 и напряженное состояние на дно камеры при помощи тензокольца 4. Снимается прикладываемая нагрузка, фиксируется остаточное напряжение σ_{on} . Операции повторяются несколько раз, ступенчато увеличивается прикладываемая нагрузка. Метод определения способности к сводообразованию и устройство для его осуществления позволяет провести прогностическую оценку СМ по этому признаку, классифицировать их по способности к сводообразованию, определить влияние внутренних и внешних параметров на коэффициент сводообразования.

На "Способ определения способности сыпучих материалов к сводообразованию" заявка 3915747/28-13 получено положительное решение ВНИИПЭ о выдаче авторского свидетельства от 26.09.86г.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований влияния внутренних параметров СМ на параметры, характеризующие процесс начала их течения и способности их к сводообразованию.

Начало процесса течения СМ зависит от соотношения между трением, возникающим в точках контактов между частицами при взаимном перемещении, и параметрами, характеризующими аутогезию. Процесс начала течения определяется силами, которые необходимо преодолеть для нарушения контактов между частицами. Обосновано, что процесс начала течения связан со структурными перестройками, во время которых частицы, входящие в структурные образования переходят под действием сдвигающего усилия в положение более устойчивого равновесия, что приводит к увеличению среднего числа контактов. Кроме того, наблюдения в ходе эксперимента дают основания полагать, что деформации, как правило, локализуются в тонком слое материала на стыке перемещающихся частей устройства.

Экспериментально подтверждено, что скорости сдвига и отрыва не оказывают практически влияния на исследуемые параметры СМ.

Исследование процесса начала течения СМ было проведено исходя из системного подхода к анализу этого процесса. Установлено влияние таких внутренних параметров СМ как напряженного состояния, влажности и совместное их влияние на величину τ_{on} и f_n . Внешние параметры: срок хранения - B , относительная влажность воздуха - w , температура окружающей среды - t приняты постоянными.

Для исследования влияния внутренних параметров на величину начального удельного сопротивления сдвигу по ограждающей поверхности

и коэффициент внешнего трения f_{in} в качестве ограждающей поверхности была выбрана сталь ст.3 шероховатостью поверхности $R_a 20$, а для сыпоротки сухой, кроме стали, использовали резину и фторопласт.

Апроксимация экспериментальных данных на ЭВМ позволила получить следующие математические модели:

$$\tau_{on}(\tau_{oin}) = C \exp(A \sigma_{ypp} + B \sigma_{ypp}^2), \quad (9)$$

$$\tau_{on}(\tau_{oin}) = \exp(A + B \sigma_{ypp} + C W), \quad (10)$$

$$f_n(f_{in}) = D \sigma_n^E, \quad (11)$$

$$f_n(f_{in}) = \exp(D + E \sigma_n + F W), \quad (12)$$

Численные значения коэффициентов уравнений и коэффициента корреляции представлены в таблице. Установлено, что для всех исследуемых материалов с увеличением σ_{ypp} и σ_n , в интервале их изменения от 10 до 50 кПа, наблюдается рост $\tau_{on}(\tau_{oin})$. Анализ зависимостей вида $f_n = \phi(\sigma_n)$, $f = \phi(\sigma_n, W)$ показывает, что наблюдается тенденция к уменьшению коэффициента внутреннего трения с увеличением напряженного состояния в плоскости сдвига.

Для всех исследуемых материалов величины коэффициентов внутреннего трения превышают значения величин коэффициентов внешнего трения. Так как СМ – дискретная система, то его можно рассматривать как шероховатую поверхность, движение относительно которой затруднено по сравнению с более гладкой ограждающей поверхностью.

Для зависимостей вида $T_n(T'_n) = \phi(\sigma_{ypp})$, $T_n(T'_n) = \phi(\sigma_{ypp}, W)$ отмечено возрастание величин T_n и T'_n с увеличением предварительно напряженного состояния σ_{ypp} . Математически эта зависимость описывается уравнениями вида:

$$T_n(T'_n) = K \exp(M \sigma_{ypp} + N \sigma_{ypp}^2), \quad (13)$$

$$T_n(T'_n) = \exp(-K + M \sigma_{ypp} + N W), \quad (14)$$

Численные значения коэффициентов K , M , N и коэффициентов корреляции исследуемых материалов, приведены в диссертационной работе.

Аналитически полученная взаимосвязь напряжения в своде с основными сдвиговыми параметрами СМ (уравнение 7), подтверждена экспериментально. Показатель точности определения σ_{on} экспериментальным путем составляет 5,0%.

Так как получаемая экспериментальным путем величина σ_{on} объединяет физико-механические показатели СМ, то появляется возможность использовать именно этот показатель при оценке свойств СМ при выборе соответствующих аппаратов и оборудования.

Для исследуемых материалов рассчитан коэффициент сводообразования \mathcal{E} . Установлено, что для идеально сыпучих материалов \mathcal{E} равен нулю. Для несвязных СМ (просо, пшеница, сахар), с ничтожно малыми силами

Таблица

Значение коэффициентов уравнений 9...12

Исследуемый материал	Значения коэффициентов				для $f_n(f_{in})$					
	№ уравн	A	B	C	№ уравн	D	E	F	K	
Сыворотка	9	0,051	$-4,8 \cdot 10^{-4}$	0,364	0,997	II	-0,796	-0,447	-	0,999
Сыворотка по стали	9	0,067	$-6,6 \cdot 10^{-4}$	0,225	0,996	II	-1,396	-0,342	-	0,987
Сыворотка по фторопласту	9	0,083	$-8,4 \cdot 10^{-4}$	0,156	0,989	II	-1,320	-0,345	-	0,995
Сыворотка по резине	9	0,058	$-5,6 \cdot 10^{-4}$	0,314	0,999	II	-0,894	-0,436	-	0,997
Молоко сухое	9	0,048	$-5,8 \cdot 10^{-4}$	0,193	0,993	II	-0,827	-0,359	-	0,996
Молоко сухое по стали	9	0,035	$-2,9 \cdot 10^{-4}$	0,128	0,992	II	-1,281	-0,313	-	0,998
Сливки сухие	9	0,035	$-3,1 \cdot 10^{-4}$	0,154	0,996	II	-0,879	-0,365	-	0,999
Сливки сухие по стали	9	0,032	$-2,1 \cdot 10^{-4}$	0,101	0,993	II	-1,377	-0,291	-	0,994
Какао-порошок	10	-0,803	0,023	0,061	0,950	I2	-0,889	$1,3 \cdot 10^{-2}$	0,055	0,965
Какао-порошок по стали	10	-1,379	0,032	0,078	0,940	I2	-1,279	$1,0 \cdot 10^{-2}$	0,053	0,911
Мука первого сорта	10	-1,584	0,019	0,054	0,959	I2	-1,490	$1,4 \cdot 10^{-2}$	0,051	0,951
Мука первого сорта по стали	10	-0,316	0,041	0,053	0,950	I2	-2,157	$6,0 \cdot 10^{-3}$	0,051	0,982
Каолин	10	-0,008	0,025	0,039	0,942	I2	-1,310	$-1,6 \cdot 10^{-2}$	0,038	0,974
Мел	10	0,143	0,023	0,054	0,949	I2	-1,450	$-1,5 \cdot 10^{-2}$	0,029	0,955
Аэросил	10	-0,998	0,024	0,066	0,822	I2	-0,922	$-1,3 \cdot 10^{-2}$	0,047	0,961

аутогезии, зависимость напряжения в своде $\sigma_{оп}$ прямопропорциональна прикладываемому напряжению σ_1' (рис.4), а \mathcal{K} постоянная величина (рис.5). Для вязких СМ получен криволинейный характер зависимости $\sigma_{оп} = f(\sigma_1')$ и $\mathcal{K} = f(\sigma_1')$. При одном и том же напряженном состоянии материала σ_1' напряжение в своде - $\sigma_{оп}$ различно в зависимости от природы материала, его физико-механических свойств (рис.4). Следовательно, и способность СМ к сводообразованию различная. Это приведет к тому, что в процессе выпуска СМ из емкостей и дозирующих устройств будут образовываться своды различные по прочности. Коэффициент сводообразования \mathcal{K} для исследуемых материалов служит той мерой, которая позволяет классифицировать их на ряд классов.

Таким образом, СМ по способности к сводообразованию можно разделить на следующие классы:

1. - $0 < \mathcal{K} < 0,05$ - не образующие своды;
2. - $0,05 < \mathcal{K} < 0,125$ - легко разрушающие своды под действием собственного веса;
3. - $0,125 < \mathcal{K} < 0,300$ - разрушающиеся своды под действием внешних воздействий;
4. - $0,3 < \mathcal{K} < 1,0$ - устойчивые своды.

Установлено, согласно (I), влияние входных параметров СМ W , b_n , d_i при $\theta = const = 5$ мин. для ряда материалов на величину выходных параметров, характеризующих способность к сводообразованию - $\sigma_{оп}$ и \mathcal{K} .

Результаты экспериментальных данных обработаны на ЕС 1022 получены математические зависимости вида:

$$\mathcal{K} = \exp(k + mW - n\sigma_1'), \quad (15)$$

значения коэффициентов k , m , n и коэффициентов корреляции представлены в диссертационной работе.

Полученные функциональные зависимости и математические модели основных параметров СМ позволяют научно-обоснованно рассчитать проектируемые аппараты и технологическое оборудование, технологические процессы, а так же получать СМ с заранее заданными свойствами.

В пятой главе приведены примеры практического применения результатов теоретических, методических и экспериментальных данных. Экономический эффект от внедрения разработок составил 55,01 тыс.руб. в год.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании теоретических и экспериментальных исследований выполненных в настоящей работе, можно сделать следующие выводы:

1. Получена аналитическая взаимосвязь напряжения в своде с основными параметрами СМ, характеризующими процесс начала течения, ко-

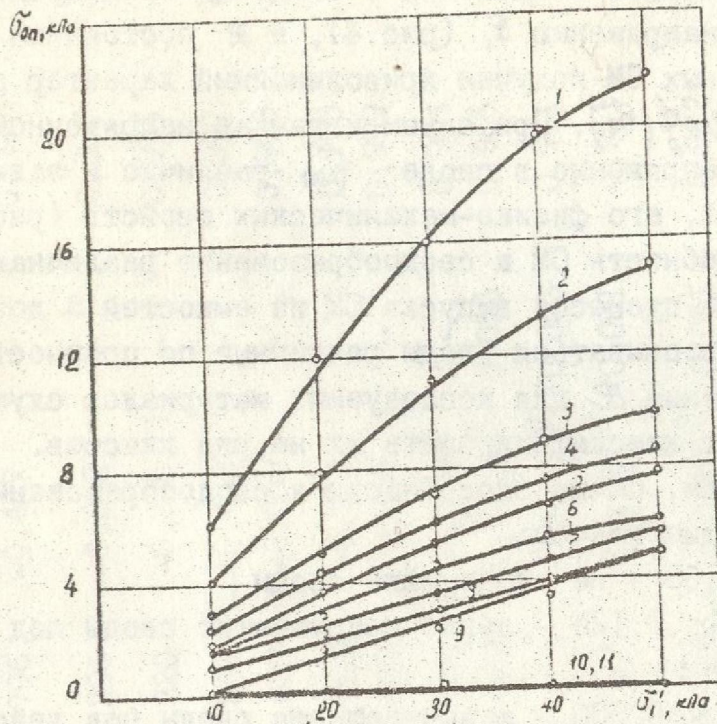


Рис. 4. Зависимость $\beta_{оп}$ от $\beta_н'$
 1 - каолин, 2 - аэросил, 3 - тальк, 4 - мука I сорта,
 5 - яблочный порошок, 6 - сыворотка, 7 - пшеница, 8 - сахар,
 9 - просо, 10, 11 - металлические шарики.

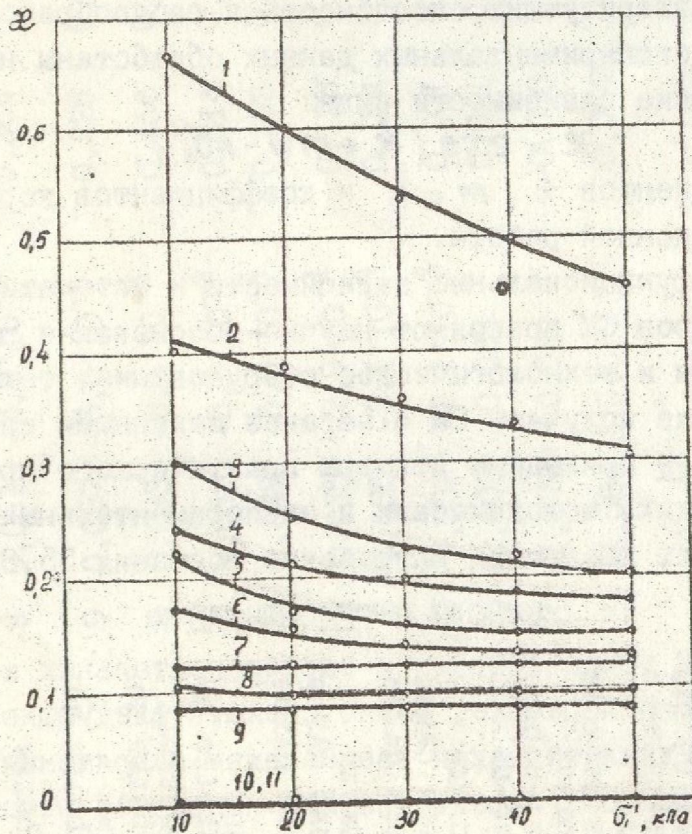


Рис. 5. Зависимость z от $\beta_н'$
 1 - каолин, 2 - аэросил, 3 - тальк, 4 - мука I сорта,
 5 - яблочный порошок, 6 - сыворотка, 7 - пшеница, 8 - сахар,
 9 - просо, 10, 11 - металлические шарики

рая подтверждена экспериментально.

2. Разработан коэффициент сводообразования СМ, по величине которого проведена их классификация на четыре класса.

3. Получена графическая интерпретация взаимосвязи напряжения в своде с основными сдвиговыми и прочностными параметрами СМ.

4. Процессы, происходящие в СМ в процессе начала течения связаны со структурными перестройками в сторону равновесного положения, скорость сдвига и разрыва СМ не оказывает существенного влияния на эти процессы.

5. Установлено комплексное влияние внутренних параметров на параметры, характеризующие процесс начала течения с получением их математических моделей для реальных СМ.

6. Разработаны научно-обоснованные методы и экспериментальные установки для определения процесса начала течения СМ, их прочности на разрыв и отрыв от ограждающей поверхности.

7. Создан научно-обоснованный метод и установка, позволяющие оценить способность СМ к сводообразованию, защищенные положительным решением о выдаче авторского свидетельства.

8. Предложено характеризовать способность СМ к сводообразованию по величине напряжения в своде.

9. Установлено влияние внутренних параметров СМ на параметры, характеризующие способность их к сводообразованию.

10. Теоретические, методические и экспериментальные данные внедрены в производство при создании новых технологий СМ, конструировании технологических аппаратов и оборудования для накопления, дозирования и перемещения СМ с экономическим эффектом 55,01 тыс. рублей в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Прочность мелкодисперсных сыпучих материалов. /Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г., Гедзира С.В. и др. //Тезисы докл. П Республ. конф. "Физико-химическая механика дисперсных систем и материалов" - Киев. - 1983. - С.12.

2. Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г., Осташевская Е.В. Влияние внешних факторов на процесс сдвига сыпучих материалов //Хлебопекарн. и кондитер. пром-ть. - 1984. - № 3. - С.27-29.

3. Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г. Сдвиговые свойства мелкодисперсных сыпучих материалов химической промышленности //Изв. вузов. Химия и химич. технология. - 1985. - т.28. - вып. 4. - С.99-102.

4. Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г. Физико-химические показа-

тели сухих молочных продуктов //Молочн.пром-ть.- 1982. - 7. - С.18-19.

5. А.с.1167476 СССР, МКИ G01 № 3/24 Устройство для определения коэффициента бокового давления мелкодисперсных сыпучих материалов /Л.И.Карнаушенко, Н.К.Корнев, Е.Г.Иоргачева и др. - № 3703911/22-03; заявл. 23.02.84; Оpubл. 15.07.85. Бюл. № 26 //Открытия. Изобретения. - 1985. - № 26. - С.171.

6. Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г. Исследование процесса сдвига сыпучих материалов /Ред.журн. "Изв.вузов.Пищ.технология" - Краснодар, 1985. - 6 с. - Библиогр.: 5 назв. - Деп. в ЦНИТЭИ пищепром 17.04.85, № 1073 пщ-85.

7. Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г. Исследование реологических свойств сухой молочной сыворотки //Хлебопекарн. и кондитер. пром-ть. - 1986. - № 6. - С.36-38.

8. Роль аутогезии в процессе классификации сыпучих материалов /Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г., Осташевская Е.В. и др. //Тезисы докл. Всесоюз. конф. "Технология сыпучих материалов" - Белгород. - 1986. - С.123.

9. Иоргачева Е.Г., Осташевская Е.В., Лесовая С.В. Исследование влияния физико-механических свойств сыпучих материалов на их способность к сводообразованию //Тезисы докл. Всесоюз. конф. "Теоретич. и практич. аспекты применения методов инженерной ФХМ с целью совершенствования технологич. процессов пищевых производств". - М. - 1986. - С.105.

10. Карнаушенко Л.И., Иоргачева Е.Г. Теория течения сыпучих материалов //Тез. докл. Всесоюз. конф. "Теоретич. и практич. аспекты применения методов инженерной ФХМ с целью совершенствования и интенсификации технологич. процессов пищевых производств". - М. - 1986. - С.161.

11. Способ определения способности сыпучих материалов к сводообразованию /Л.И.Карнаушенко, Н.К.Корнев, Е.Г.Иоргачева и др. - заявл. 13.06.85. - №3915747/28-13, положительное решение ВНИИГПЭ о выдаче авторского свидетельства от 26.09.86 г.

Е. Иоргачева

№ 3915747

