Ключевые слова: экономика, агропромышленный комплекс, стратегия развития, государственное регулирование, инвестиция, инвестиционное финансирование, цифровизация промышленности, модернизация, амортизация, финансовый учет.

МРНТИ 65.31.13 **DOI** https://doi.org/10.37884/2-2024/62

Қ.П.Тәжен[1], С.З. Казакбаев[2], Л.А.Мамаева[1], Д.Б.Жалелов[1]*

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Казахстан, 050000, г.Алматы, paizkanat_1963@mail.ru, laura.mamaeva@mail.ru, dula_219@mail.ru
[2]Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Казахстан, 08000, г.Тараз, seisen58@mail.ru

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Аннотация

Основная проблема: В сыпучем зерновом сырье (пшеница, кукуруза и т.д.) процесс релаксации происходит под механическим воздействием. В тоже время повышаются пластические свойства материала, уменьшается нагрузка и энергия, затрачиваемые на обработку изделия.

На практике большая часть стресса уменьшается за относительно короткий промежуток времени (около 30 секунд), поэтому важен 1-й этап расслабления. Затем, через определенное время, зерно снова прессовали до тех пор, пока оно не разрушалось (точка В).

Как видно, предел прочности испытуемого материала при растяжении в этом случае меньше предела прочности при растяжении, достигнутого без учета процесса релаксации. В результате в ходе процесса релаксации прочность зернового продукта снижается.

Цель: Целью исследования является изучение релаксационных свойств зернового сырья под механическим воздействием. Расчеты показывают, что энергия, затрачиваемая на уничтожение зерновых продуктов, сокращается на 20-30% с учетом процесса смягчения последствий.

Методы, Результаты и их значимость: В статье приведены результаты исследований релаксации напряжении зерна пшеницы, которые необходимы для расчета и проектирования высокоэффективного технологического оборудования для измельчения и таблетирования продукта на основе зернового сырья.

Ключевые слова: деформация, релаксационные процессы, релаксация напряжении, зерновое сырье, зерно пшеницы, измельчение, предел прочности, работа при разрушении, таблетирование.

Введение

Известно, что самым энергоемким технологическим процессом при переработке зернового сырья является измельчение, на которое расход энергии составляет 60-70 % от всей энергии, затрачиваемой на получение готовой продукции [1,2].

Для повышения эффективности работы технологического оборудования в пищевой и перерабатывающей промышленности необходимо знать прочностные характеристики измельчаемых материалов.

Напряжение – это внешняя сила F, действующая на площадь поперечного сечения A образца. Важным аспектом является не количество силы, а то, что она приложена к площади поперечного сечения.

Общепринятым при изучении структурных и механических свойств материалов в условиях одноосного сжатия является экспериментальное определение предела прочности в зависимости от величины максимальной разрушающей силы $F_{\max}$,

$$\sigma_{nn} = \frac{F_{\max}}{A}, \quad (1)$$

где $F_{\max}$ – это максимальное усилие разрушение, *Н*; A – это поперечное сечение материала, $м^2$.

Однако зависимость (1) не учитывает процесс релаксации, который происходит в структуре зернового сырья.

Наши исследования показывают, что релаксационные процессы (ползучесть, релаксация напряжений, упругие последствия) происходят при механическом воздействии в сыпучем зерновом сырье (пшеница, кукуруза и т.д.) [3,4].

При этом повышаются пластические свойства материала, что приводит к снижению нагрузки и энергии, затрачиваемой на обработку изделия [5]. Поэтому представляет научный и практический интерес учет процессов смягчения, которые происходят в зерновом сырье под воздействием внешних нагрузок. Целью исследования является изучение релаксационных свойств зернового сырья под механическим воздействием.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования были выбраны зерна пшеницы сорта Сарруба путем предварительной очистки от примесей на зерноочистительном классификаторе, и были предоставлены воспроизводимые результаты испытаний.[6]

Эксперименты проводились на установке Регеля-Дубова при одноосном сжати и при комнатной температуре [7]. Общий вид установки Регеля-Дубова показан на рисунке 1.

Для записи диаграммы использовался «Fastgraph builder H301». В качестве измерителя силы использовался оптический датчик.

Кривая напряжения–деформации является графической мерой механических свойств испытуемых материалов. На рисунке 2 показана типичная кривая релаксации нагрузки на зерно. Отсюда видно, что величина силы сжатия уменьшается, когда частицы имеют постоянную деформацию.

Чтобы визуально проанализировать процесс релаксации, происходящий в кристаллических зернах, давайте рассмотрим физическое изображение этого процесса схематично. Испытуемый материал был сжат до меньшего значения, и деформация оставалась постоянной с течением времени (рис.3). В тоже время напряжение уменьшалось в доль кривой CED.

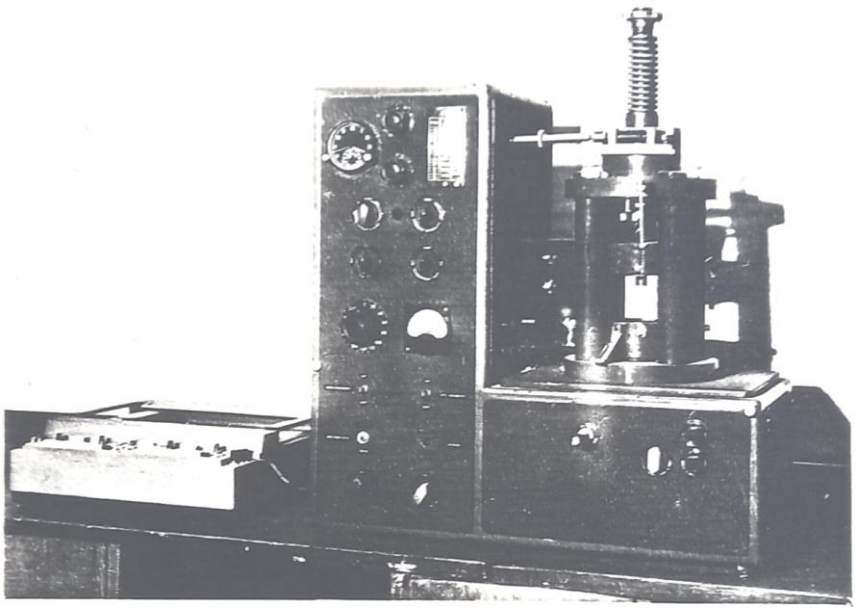


Рисунок 1. Общий вид установки Регеля-Дубова

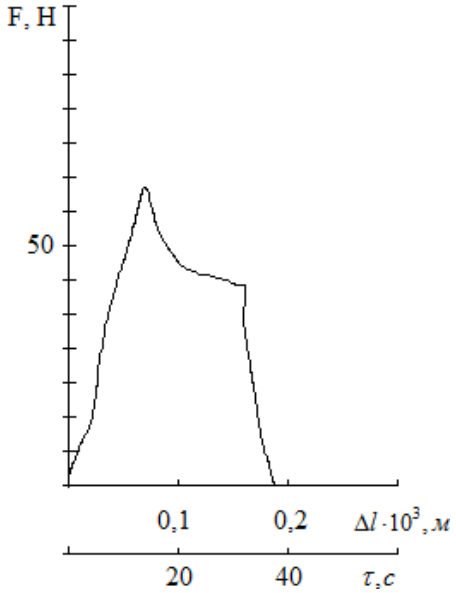
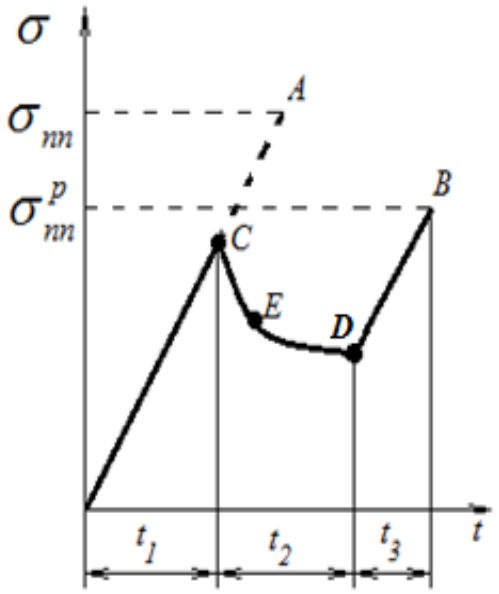


Рисунок 2. Кривая релаксации нагрузки на зерно



t_1 - время на нагружения; t_2 - время на релаксации напряжений; t_3 - время на повторного нагружения

Рисунок 3. Схема разрушения зерна пшеницы с учетом процесса смягчения последствий

Анализ экспериментальных данных показал, что процесс релаксации напряжений в зерновых продуктах можно условно разделить на 2 стадии, 1 из которых характеризуется интенсивным протеканием процесса, а 2-я протекает с значительно меньшим падением напряжений.

На практике большая часть стресса уменьшается за относительно короткий промежуток времени (около 30 секунд), поэтому важен 1-й этап расслабления. Затем, через определенное время, зерно снова прессовали до тех пор, пока оно не разрушалось (точка B).

Как видно, предел прочности испытуемого материала при растяжении в этом случае меньше предела прочности при растяжении, достигнутого без учета процесса релаксации. В результате в ходе процесса релаксации прочность зернового продукта снижается.

Теперь, если вы условно исключите время, вы получите истинный график сжатия, учитывающий процесс релаксации, который происходит в зерне. Это показано на рисунке 4.

Результаты и обсуждение

Работа, затраченная на уничтожение зерна без учета процесса смягчения, характеризуется площадью OBA2, а работа с учетом смягчения характеризуется площадью OAA1DA2.

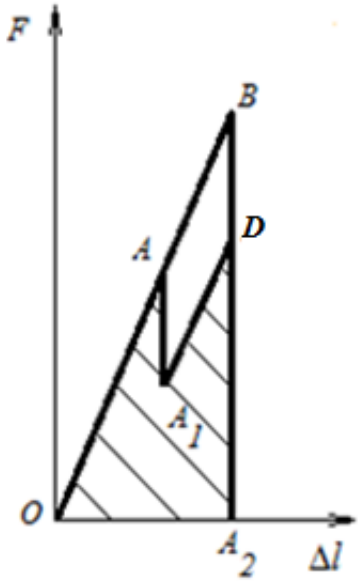


Рисунок 4. График сжатия зерна

Таким образом, во 2-м случае, т.е. после того, как происходит релаксация напряжений, энергоемкость процесса разрушения частиц уменьшается на величину разницы между этими областями,

пл. $ABDA_1$= пл.OBA_2 – пл. OAA_1DA_2 (2)

Путем математической обработки результатов наблюдений были получены следующие сравнительные характеристики процесса разрушения зерна, приведенные в таблице.

Критерий важности различия определялся по следующей формуле

$$t_{факт} = \frac{E_1 - E_2}{\sqrt{S_{E_1}^2 + S_{E_2}^2}}, \quad (3)$$

$$t_{факт} = 6.47, \; t_{табл} = 1{,}96, \; t_{0,01} = 2{,}58, \text{ и } t_{0,001} = 3{,}2 \quad (4)$$

В результате достоверность разницы между средним и значениями составляет 95%. Расчеты показывают, что энергия, затрачиваемая на разрушение зерновых продуктов, снижается на 25-30% с учетом процесса смягчения [8].

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований.

№пп	Характеристики процесса разрушения зерна	Без релаксации напряжении	С релаксации напряжении
1	Работа, на разрушение зерна, (г·см)	2,47-2,48	1,87-1,88
2	Стандартное отклонение, S	0,519-0,522	0,425-0,427
3	Коэффициент вариации, U %	21,0-21,1	20,1-20,2
4	Абсолютная ошибка выборочной среды, %	0,041-0,043	0,037-0,039
5	Относительная ошибка выборочной среды, %	1,66-1,68	1,75-1,76
6	Среднее значение при 5 % значимости	2,47±0,09	1,87±0,08

На рисунке 5 показана гистограмма операции разрушения зерен, полученная после статистической обработки результатов измерений. Как видно из рисунка, характер кривой соответствует закону нормального распределения.

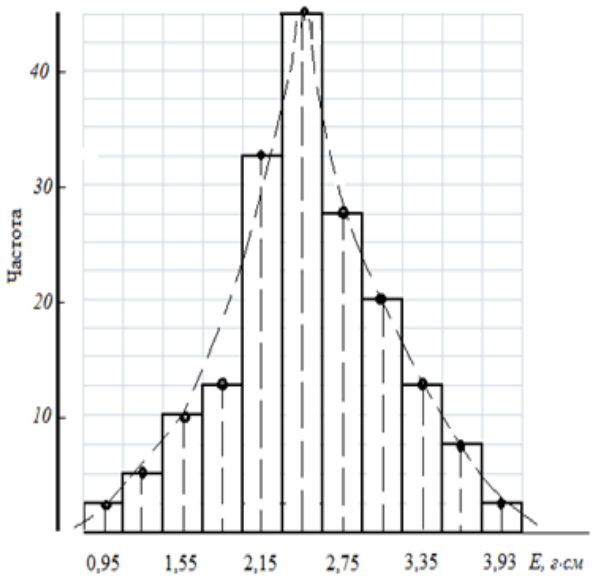


Рисунок 5. Гистограмма работы при разрушении зерна

Как будет показано далее, полученные результаты послужили основой для разработки энергосберегающих методов обработки зернового сырья.

Первое изобретение относится к сельскому хозяйству, а именно к зерноперерабатывающей отрасли, и может быть использовано в комбикормовой промышленности для измельчения зернового сырья.

В связи с тем, что составной корм содержит зерна нескольких культур, используются различные схемы его измельчения. Известна первая схема, которая предусматривает последовательное измельчение зерновых продуктов (или параллельное при наличии нескольких линий) [9].

Эта формула включает в себя: бункер для зерна, воздушно-решетный сепаратор, магнитный сепаратор, бункер и молотковую дробилку поверх дробилки.

Недостатком данной схемы является то, что при измельчении в ней не учитываются релаксационные процессы, происходящие в структуре зернового сырья.

Существует также 2-я схема, обеспечивающая совместное измельчение зерновых продуктов. [9]. Из зерна различных культур готовят смесь в указанном соотношении с кормом, получаемым с использованием много компонентных весовых дозаторов и смесителей периодического действия.

Схема включает бункеры, многокомпонентные дозаторы-дозаторы, смесители периодического действия, бункеры на дробилках, молотковые дробилки и просеивающие машины для различного зернового сырья.

Недостатком этой схемы является то, что процессы смягчения, которые происходят в структуре зернового сырья, также не учитываются.

Задача и технический результат изобретения заключается в улучшении контакта рабочего органа со средой, что снижает предел прочности зернового сырья, следовательно, меньше тратится энергия на измельчение.

Это достигается тем, что зерновое сырье предварительно подвергается сжатию в зазоре между вращающимися навстречу друг другу двух валков с одинаковой частотой вращения [10].

Новым в изобретении является то, что перед подачей в дробилки в структуре зернового сырья обеспечивается релаксация напряжений путем предварительного сжатия, что снижает предел прочности измельчаемого материала.

На основе полученных результатов предложен новый способ измельчения зернового сырья, включающий использование бункера зернового сырья, воздушно-ситового сепаратора, магнитного сепаратора, бункера над дробилками и молотковые дробилки, отличающаяся тем, что для снижения предела прочности зернового сырья перед подачей в молотковые дробилки измельчаемый материал предварительно подвергают сжатию между вращающимися с одинаковой частотой вращения навстречу друг другу двух валков.

Второе изобретение представляет полезную модель, которая относится к пищевой промышленности, а именно к перерабатывающей отрасли сельского хозяйства, и может быть использована для получения таблетированного национального продукта талкана, основу которого главным образом составляет зерновое сырье.

В сыпучих биологических продуктах процессы релаксации (ползучесть, релаксация напряжений, упругие последствия) происходят при механическом воздействии при комнатной температуре, что приводит к снижению нагрузки и энергии, затрачиваемой на обработку, как ранее указывалось в [4,5].

Таблетированный талкан может быть получен в условиях под действием одноосного сжатия в замкнутом объеме пресс-формы. Однако после снятия внешней нагрузки под влянием внутреннего напряжения таблетка часто может расслоиться и растрескаться, потерять свои товарные и потребительские достоинства.

Так как, талкан можно отнести одновременно с одной стороны к порошковым, а с другой стороны к растительным материалам, приведем следующие способы таблетирования этих материалов.

Известен способ таблетирования кумысного порошка в таблетки плоскоцилиндрической формы без внесения связующих веществ [11]. Недостатком этого способа является то, что при таблетировании не учитываются релаксационные процессы, протекающие в структуре обрабатываемого материала.

Существует также способ получения таблеток из пряно-ароматического растительного сырья, который предусматривает мойку, измельчение, сушку в потоке сушильного агента таблетирование под давлением 92-93 МПа в течение 0,8-1,5 секунд высушенного сырья [12].

Недостатком данного способа является также то, что не учитываются релаксационные процессы, протекающие в структуре таблетируемого материала.

Задача и технический результат полезной модели заключаются в улучшении контакта рабочего органа со средой, что предварительно обеспечивают релаксацию напряжений прессуемого сырья, следовательно, меньше тратится энергия на таблетирование и значительно снижается вероятность появления трещин и расслоения у таблеток после снятия нагрузки.

Это достигается тем, что прессуемое сырье в замкнутом объеме пресс-формы предварительно подвергается осевому сжатию в пределах 70-80 % от максимального усилия и выдерживается в течении 10-20 с, затем после максимального протекания релаксации напряжений вновь подвергается окончательному прессованию до получения таблетированного материала [13].

Новым в полезной модели является то, что таблетируемый материал предварительно выдерживается во времени под механическим давлением в замкнутом объеме пресс-формы, а затем подвергается к окончательному таблетированию.

Выводы

Для повышения эффективности работы технологического оборудования в зерноперерабатывающих отраслях необходимо повысить пластические свойства материала, используя релаксацию напряжений при механическом нагружении, что приводит к уменьшению нагрузки и энергии, затрачиваемой на переработку продукта.

В данной работе предлагается способ измельчения зернового сырья, защищенный патентом Республики Казахстан, отличающийся тем, что для снижения предела прочности измельчаемого материала перед подачей в молотковые дробилки измельчаемый материал предварительно подвергают сжатию между навстречу вращающимися друг другу двух валков.

Способ производства таблеток талкан, защищенный патентом Республики Казахстан, характеризуется тем, что с прессованное сырье в замкнутом объеме пресс-формы предварительно подвергают осевому сжатию, выдерживают для релаксации напряжений, а затем снова окончательному прессованию до получения компактного тела.

Учет релаксации напряжений, протекающих в обрабатываемых материалах под воздействием механического нагружения, может найти применение в различных отраслях, повышая технико-экономические показатели технологического оборудования, путем снижения себестоимости готового изделия.

Список литературы

1. Sokolov A.Ya. Technological equipment of grain processing enterprises. –M.: Kolos, 1985. -450 p.
2. Spandiyarov E., Borankulova A.S., Sarshaeva A.B., Maratkyzy N. Installation for grinding grain raw materials. Mechanics and technologies. Scientific and theoretical journal. – Taraz: No. 3, 2021. S. 19-23.
3. Spandiyarov Y., Kenzhekhodzhayev M.D., Mynbaeva A.B. Relaxation of tary's tension stress in the conditions of volume compression. Mechanics & technologies. Scientific Journal. – Taraz: №2, 2019. P. 28-30.
4. Spandiyarov E., Tursynbekova A.Zh., Turtaeva D.O. Relaxation properties of wheat grain. Mechanics and technologies. Scientific and theoretical journal. -Taraz: No. 4, 2020. P.13-17.
5. Machikhin Yu.A., Machikhin S.A., Engineering rheology of food materials. M, Light and food industry, 1981, 215 p.
6. Kazakbaev S.Z., Spandiyarov E. et al. Grain thrower-classifier. Patent of the Republic of Kazakhstan for a utility model. No. 1919. 12/22/2016.
7. Regel V.R., Dubov G.A. Recording instrument for recording compression, tension and relaxation curves // Bull. "Instruments and stands". –M.: Publishing House of the Institute of Technology. Information of the Academy of Sciences of the USSR, 1965. P-56-452.
8. Karymsakov N.S.,Spandiyarov E.,Junisbekov T.M. Mathematical description of the grain grinding process under compression.Mechanics and technologies. Scientific and theoretical journal. -Taraz: No. 2, 1994. P.167-169.
9. Butkovsky V.A., Melnikov E.M. Technology of flour-grinding and mixed fodder production. – M.: Agropromizdat, 1989. -305 p.
10. Spandiyarov E., Mynbaeva A.B., Borankulova A.S., Sarshaeva A.B., Umerbekova A.S. Line of grain raw materials. Utility model of the Republic of Kazakhstan. No. 5916.08.10.2020.
11. Gorbatovskaya N.A., Umirbaeva Sh.D., Karimova G.D. Method for obtaining koumiss in tablet form. Innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. 20295 dated September 15, 2016, bull. No. 11.
12. A.S. and other Method of obtaining tablets from spicy-aromatic vegetable raw materials. Auth. certificate of the USSR No. 612676, 1978.
13. Spandiyarov E., Kenzhekhodzhaev M.D., Soltybaeva B.E., Tursynbekova A.Zh. The method of tableting the national product talkan. Utility model of the Republic of Kazakhstan. No. 5915.20.12.2020.

References

1. Sokolov A.Ya. Technological equipment of grain processing enterprises. –M.: Kolos, 1985. -450 p.
2. Spandiyarov E., Borankulova A.S., Sarshaeva A.B., Maratkyzy N. Installation for grinding grain raw materials. Mechanics and technologies. Scientific and theoretical journal. – Taraz: No. 3, 2021. S. 19-23.
3. Spandiyarov Y., Kenzhekhodzhayev M.D., Mynbaeva A.B. Relaxation of tary's tension stress in the conditions of volume compression. Mechanics & technologies. Scientific Journal. –Taraz: №2, 2019. P. 28-30.
4. Spandiyarov E., Tursynbekova A.Zh., Turtaeva D.O. Relaxation properties of wheat grain. Mechanics and technologies. Scientific and theoretical journal. -Taraz: No. 4, 2020. P.13-17.
5. Machikhin Yu.A., Machikhin S.A., Engineering rheology of food materials. M, Light and food industry, 1981, 215 p.
6. Kazakbaev S.Z., Spandiyarov E. et al. Grain thrower-classifier. Patent of the Republic of Kazakhstan for a utility model. No. 1919. 12/22/2016.
7. Regel V.R., Dubov G.A. Recording instrument for recording compression, tension and relaxation curves // Bull. "Instruments and stands". –M.: Publishing House of the Institute of Technology. Information of the Academy of Sciences of the USSR, 1965. P-56-452.
8. Karymsakov N.S.,Spandiyarov E.,Junisbekov T.M. Mathematical description of the grain grinding process under compression.Mechanics and technologies. Scientific and theoretical journal. -Taraz: No. 2, 1994. P.167-169.
9. Butkovsky V.A., Melnikov E.M. Technology of flour-grinding and mixed fodder production. –M.: Agropromizdat, 1989. -305 p.
10. Spandiyarov E., Mynbaeva A.B., Borankulova A.S., Sarshaeva A.B., Umerbekova A.S. Line of grain raw materials. Utility model of the Republic of Kazakhstan. No. 5916.08.10.2020.
11. Gorbatovskaya N.A., Umirbaeva Sh.D., Karimova G.D. Method for obtaining koumiss in tablet form. Innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. 20295 dated September 15, 2016, bull. No. 11.
12. A.S. and other Method of obtaining tablets from spicy-aromatic vegetable raw materials. Auth. certificate of the USSR No. 612676, 1978.
13. Spandiyarov E., Kenzhekhodzhaev M.D., Soltybaeva B.E., Tursynbekova A.Zh. The method of tableting the national product talkan. Utility model of the Republic of Kazakhstan. No. 5915.20.12.2020.

Қ.П. Тәжен[1*], С. З. Казакбаев[2], Л. А. Мамаева[1], Д. Б. Жалелов[1]

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Қазақстан, 050000, Алматы қ.
paizkanat_1963@mail.ru, laura.mamaeva@mail.ru, dula_219@mail.ru
[2]М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті., Қазақстан, 080000, Тараз қ., seisen58@mail.ru

АСТЫҚ ШИКІЗАТЫНЫҢ РЕЛАКСАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Аннотация

Сусымалы астық шикізатында (бидай, жүгері және т.б. дәндері) механикалық әсермен релаксация процестері жүреді. Бұл материалдың пластикалық қасиеттерін арттырады, бұл өнімді өңдеуге жұмсалатын жүктеме мен энергияның төмендеуіне әкеледі.

Іс жүзінде стресстің көп бөлігі салыстырмалы түрде қысқа мерзімде (шамамен 30 секунд) азаяды, сондықтан релаксацияның 1-ші кезеңі маңызды. Содан кейін, белгілі бір уақыттан кейін астық жойылғанға дейін қайтадан басылды (В нүктесі).

Көріп отырғаныңыздай, сыналатын материалдың созылу беріктігінің шегі бұл жағдайда релаксация процесін ескермей қол жеткізілген созылу беріктігінің шегінен аз болады. Нәтижесінде релаксация процесінде астық өнімінің беріктігі төмендейді.

Зерттеудің мақсаты механикалық әсер ету кезінде астық шикізатының релаксациялық қасиеттерін зерттеу болып табылады. Жүргізілген есептеулер көрсеткендей, релаксация процестерін есепке алу астық өнімдерін жоюға жұмсалатын энергия шығындарын 20-дан 30% - ға дейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Мақалада астық шикізатына негізделген өнімді ұнтақтауға және таблеткалауға арналған жоғары тиімді технологиялық жабдықты есептеу және жобалау үшін қажет бидай дәнінің кернеуін релаксациялау зерттеулерінің нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: деформация, релаксация процестері, кернеу релаксациясы, астық шикізаты, бидай дәні, ұнтақтау, беріктік шегі, сыну жұмысы, таблетка.

K.P.Tazhen[1*], S.Z. Kazakbayev[2], L.A.Mamaeva[1], D.B.Zhalelov[1]

[1]Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, 050000, Almaty

paizkanat_1963@mail.ru, laura.mamaeva@mail.ru, dula_219@mail.ru

M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Kazakhstan, 050000, Taraz,.

seisen58@mail.ru

RELAXATION PROPERTIES OF GRAIN RAW MATERIALS

Abstract

Relaxation processes occur in bulk grain raw materials (wheat, corn, etc.) under mechanical influence. At the same time, the plastic properties of the material increase, which leads to a reduction in the load and energy spent on processing the product.

In practice, most of the stress decreases in a relatively short period of time (about 30 seconds), so the 1st stage of relaxation is important. Then, after a certain time, the grain was pressed again until it collapsed (point B).

As can be seen, the tensile strength of the test material in this case is less than the tensile strength achieved without taking into account the relaxation process. As a result, during the relaxation process, the strength of the grain product decreases.

The aim of the study is to study the relaxation properties of grain raw materials under mechanical influence. The calculations carried out showed that taking into account relaxation processes allows reducing the energy spent on the destruction of grain products by 20 to 30%.

The article presents the results of studies of stress relaxation of wheat grain, which are necessary for the calculation and design of highly efficient technological equipment for grinding and tableting a product based on grain raw materials.

Keywords: deformation, relaxation processes, stress relaxation, grain raw materials, wheat grain, grinding, tensile strength, fracture work, tableting.