

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ БИОКОНВЕРСИИ С ПОВЫШЕННОЙ ЭКСТРАКТИВНОСТЬЮ

О. О. Иванов<sup>1</sup>, Е. А. Парфенова<sup>2</sup>, В. Н. Долгунин<sup>2</sup>

*Администрация Тамбовской области (1); кафедра «Технологии  
и оборудование пищевых и химических производств»;  
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия (2);  
iooc4@mail.ru*

**Ключевые слова:** зерновое сырье; миграция; пивоваренный ячмень; сегрегация; сепарация по массе; управляемый сегрегированный поток; экстрактивность.

**Аннотация:** Рассмотрен принцип управления сегрегированными технологическими потоками сыпучих материалов, который использован для организации процесса сепарации зерна ячменя одновременно по размеру и плотности. Установлено, что реализация принципа на технической базе аппарата с вращающимся барабаном позволяет выделить зерновую фракцию с наибольшей массой зерна, которая характеризуется высокими физиологическими и экстрактивными свойствами. Отмечено, что экстрактивность зерна выделенной фракции более чем на 20 % превышает экстрактивность зерна в исходном сырье.

---

Качество пищевых продуктов во многом определяется качеством исходного сырья. В полной мере указанная корреляция имеет место и в производстве пива, классическим сырьем для которого является ячменный солод. В свою очередь, качество солода, получаемого на солодорастильных установках, напрямую зависит от свойств зерна, поступающего на сололожение [1, 2]. Среди множества показателей качества пивоваренного ячменя первостепенное технологическое значение имеют способность к прорастанию, энергия прорастания и экстрактивность. Первые два показателя принципиально определяют физиологические возможности зерна к участию в процессе соложения. Экстрактивность же является показателем, оценивающим содержание в зерне совокупности веществ, которые могут быть использованы в процессе пивоварения, и определяется как массовая доля веществ (крахмала, некрахмальных полисахаридов и ряда веществ белковой природы) в зерне, способных раствориться и в процессе затирания перейти в сусло. Среди растворимых веществ зерна основной вклад в показатель его экстрактивности вносит крахмал. Например, в пивоваренном двухрядном ячмене содержание крахмала достигает 70 % при экстрактивности 73...80 % в расчете на сухое вещество [3]. Установлено, что чем больше в зерне белка, тем меньше зерно содержит крахмала и, соответственно, тем ниже его экстрактивность [3].

Статистические исследования [4] свидетельствуют о низком качестве отечественного пивоваренного ячменя. При обследовании 1,69 млн т пивоваренного ячменя, произведенного в 2016 г. в восьми субъектах Российской Федерации, выявлено, что первому классу качества соответствует только 11,8 %, второму классу –

28,2 % и около 60 % зерна признано не соответствующим государственному стандарту. Такая ситуация объясняется неблагоприятными климатическими условиями для производства качественного зернового сырья в большинстве субъектов федерации, которые приводят к избыточному накоплению в зерне белка при дефиците содержания крахмала и, как следствие, к низкой его экстрактивности.

В пивоваренных производствах остро ощущается нехватка качественного зернового сырья [4]. В настоящее время для решения проблемы разрабатываются различные способы обработки низкокачественного зернового сырья, позволяющие компенсировать дефицит его технологических свойств. Для обеспечения возможности использования солода с низкой экстрактивностью в пивоваренном производстве предложено подвергать экструзионной обработке часть ячменя в количестве 15...20 % от общей массы зернопродуктов [5]. Экструзионная обработка ячменя способствует интенсификации осахаривания сырья в процессе затирания и приводит к обогащению сусла аминным азотом и сбраживаемыми углеводами.

Для повышения экстрактивности солода в работе [6] предложена его электромагнитная обработка в низкочастотном диапазоне электромагнитного излучения 3...30 Гц. Такое воздействие позволяет увеличить выход на стадии приготовления сусла, сопровождающийся уменьшением содержания в нем общего азота, который вызывает белковое помутнение пива. Результаты исследования, приведенные в работе [7], указывают на целесообразность получения бактериологически чистого солода с повышенной экстрактивностью путем организации процесса соложения зерна, замоченного в водном растворе экстракта дуба.

Исследования, выполненные в работах [8, 9], свидетельствуют о том, что экстрактивность пивоваренного ячменя зависит не только от его сортовой принадлежности и условий произрастания, но и комплекса физико-механических свойств фракций зернового вороха, различающихся по размеру, плотности и массе зерна. Установлено, что технологические свойства пивоваренного ячменя улучшаются с увеличением размера его зерна и в первую очередь за счет более высокой экстрактивности крупных зерен, которая может превышать экстрактивность мелкой фракции на 6 % и более, что свидетельствует о возможности повышения выхода и качества готового продукта с увеличением размера зерен ячменя [8].

В работе [9], посвященной анализу продуктивности и качества сортов пивоваренного солода, отмечено, что одним из наиболее важных показателей качества такого рода сырья является масса 1000 зерен. Большая масса зерна при равном размере свидетельствует о значительном запасе в нем питательных веществ и высоком потенциале физиологической активности. Поскольку большую часть зерна занимает эндосперм, то вполне правомерно ожидать, что у зерна с большей массой экстрактивность будет выше и, соответственно, такое зерно будет обладать лучшими технологическими свойствами. Лучшие сорта пивоваренного ячменя имеют массу 1000 зерен, равную 40...47 г [10].

Результаты исследований [8, 9] свидетельствуют о целесообразности предварительного фракционирования зернового сырья пивоваренного производства одновременно по размеру и плотности в целях выделения фракции с наибольшей массой 1000 зерен. Необходимость одновременного фракционирования зернистого материала по размеру и плотности объясняется тем, что при последовательной организации фракционирования: сначала по размеру, а затем по плотности процесс будет сопровождаться, по крайней мере, двумя негативными факторами. *Во-первых*, это приведет к снижению выхода целевой фракции; *во-вторых*, двухстадийный режим фракционирования станет причиной излишнего травмирования зерна, которое будет сопровождаться потерей зерном ряда ценных физиологических свойств (всхожести, силы роста, энергии прорастания).

Однако возможности организации процесса фракционирования зерна одновременно по размеру и плотности в условиях минимального его травмирования чрезвычайно ограничены, о чем свидетельствует анализ состояния развития отечественной аграрной науки и техники [11]. Для решения указанной технологической задачи используем принцип управления сегрегированными потоками [12, 13], которые являются следствием взаимодействия неоднородных (по размеру, плотности, шероховатости, упругости, форме) частиц в технологических потоках. Динамическое взаимодействие таких частиц сопровождается эффектами разделения, которые в зависимости от физической природы разделяют на эффекты сегрегации и миграции [13]. Названные эффекты проявляются в технологических потоках параллельно, но в зависимости от структурных кинематических характеристик потоков возможно доминирование одного эффекта над другим.

Сегрегация является следствием гидромеханического взаимодействия частиц в условиях локальной неоднородности среды, когда контрольная частица вследствие своих свойств, отличающих ее от среднестатистической частицы потока, становится концентратором напряжений и получает от окружающих ее частиц импульсы, направление которых либо совпадает, либо противоположно направлению гравитации. Эффекты сегрегации доминируют в потоках с относительно высокой концентрацией частиц (порозность  $<0,75$ ) и высокой однородностью объемного распределения.

Миграция обусловлена взаимным квазидиффузионным перемещением неоднородных частиц в условиях объемного распределения. При взаимных столкновениях они приобретают хаотические колебания со скоростями флуктуаций, зависящими от комплекса их физико-механических свойств. Частицы, которые при взаимных столкновениях приобретают относительно невысокие скорости флуктуаций (крупные и плотные), перемещаются в области потока с высокой концентрацией твердой фазы, где существуют условия для их колебательных перемещений с относительно малой амплитудой. Напротив, частицы, приобретающие при взаимных столкновениях относительно высокие скорости флуктуаций (мелкие и менее плотные), имеют тенденцию к перемещению в области потока с небольшой концентрацией твердой фазы, в которых существуют условия для колебательных перемещений с высокой амплитудой.

Для технологического использования эффектов сегрегации и миграции важно учесть различную степень влияния на кинетику их протекания различных физико-механических свойств взаимодействующих частиц. Установлено, что доминирующее влияние на скорость их сегрегации оказывает различие по размеру [14]. Скорость же разделения частиц вследствие эффекта миграции зависит от различия их по комплексу физико-механических свойств (в том числе плотности, шероховатости, упругости) в отсутствие доминирующего влияния их различия по размеру. Указанные кинетические особенности эффектов сегрегации и миграции свидетельствуют о возможности организации процесса фракционирования сыпучих материалов одновременно по размеру и плотности путем рационального сопряжения названных эффектов в объеме одного технологического потока.

Вследствие эффектов разделения (сегрегации и миграции) неоднородные частицы приобретают импульсы, направленные навстречу друг другу, что в результате приводит к формированию сегрегированных потоков, являющиеся частями технологического потока сыпучего материала, в которых концентрируются частицы с более высокой однородностью свойств, чем технологический поток в целом. Для достижения технологически значимых эффектов разделения частиц, различающихся по размеру и плотности, реализуется принцип управления сегрегированными потоками в целях их многократного усиления [13, 14].

Предлагаемое техническое решение задачи фракционирования зерна одновременно по размеру и плотности учитывает, что наиболее интенсивно сегрегированные потоки формируются при быстром сдвиге гравитационном течении

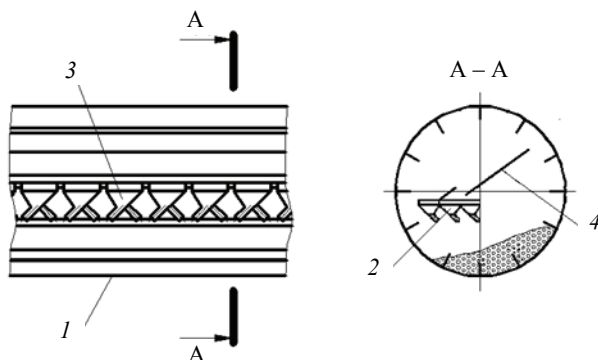
зернистых материалов на шероховатом скате. В целях реализации принципа управления сегрегированными потоками для сепарации сыпучего материала по размеру и плотности гравитационный скат размещается внутри барабана, снабженного радиальными подъемными лопастями (рис. 1).

Шероховатый скат *4* закреплен неподвижно с возможностью регулирования угла наклона в разгрузочных камерах, смонтированных по торцам барабана *1*. Под нижней кромкой ската установлен блок отклоняющих элементов, предназначенный для управления сегрегированными потоками *2* материала, которые формируются на шероховатом скате. Отклоняющие элементы *3* размещены в блоке тремя параллельными рядами и имеют противоположную продольную ориентацию в барабане. Отклоняющие элементы центрального ряда наклонены к одному из торцов барабана, а отклоняющие элементы периферийных рядов направлены в противоположную сторону. Блок установлен с возможностью поперечного перемещения в барабане и между параллельными рядами его элементов установлена поворотная заслонка для регулирования соотношения величин встречных сегрегированных потоков материала.

Такое устройство блока отклоняющих элементов обусловлено необходимостью параллельного комплексного использования эффектов сегрегации и миграции для организации процесса сепарации частиц зернистого материала одновременно по размеру и плотности. При угле наклона ската, превышающем угол естественного откоса материала, на нем образуется быстрый сдвиговый гравитационный поток, в котором частицы совершают не только поступательное перемещение в направлении сдвига, но и выполняют хаотические колебательные перемещения, обусловленные взаимным столкновением частиц.

Под действием сдвиговых деформаций и гидростатического давления в таком потоке формируются зоны с высокой и низкой концентрацией частиц. Наиболее высокая концентрация частиц относительно стабильных ее значений наблюдается в центральной части слоя, а в направлении основания и открытой поверхности потока концентрация частиц уменьшается. Низкие концентрации частиц в периферийных зонах потока являются следствием высоких скоростей деформации у основания потока и низкого гидростатического давления в области, прилегающей к открытой его поверхности.

Вследствие такого распределения концентрации частиц в потоке в его центральной зоне возникают благоприятные условия для сегрегации частиц с их разделением преимущественно по размеру. В периферийных областях потока в условиях высоких градиентов концентрации частиц формируются благоприят-



**Рис. 1.** Схема устройства для сепарации зернистого материала по массе частиц:

- 1* – барабан; *2* – насадка, управляющая сегрегированными потоками;
- 3* – отклоняющие элементы насадки; *4* – скат шероховатый

ные условия для их разделения, по квазидиффузионному механизму в соответствии с эффектом миграции. В этих условиях разделение частиц возможно по комплексу физико-механических свойств, если различие в таковых является причиной различных скоростей квазидиффузионных хаотических перемещений. Частицы, имеющие относительно небольшую скорость хаотических перемещений, например, более плотные, мигрируют в направлении центральной зоны слоя, в которой их перемещение сопровождается относительно небольшой амплитудой колебаний. Частицы же, приобретающие при взаимных столкновениях относительно высокую скорость флуктуаций, например, менее плотные, перемещаются в периферийные зоны слоя, в которых имеют возможность совершать колебания с относительно большой амплитудой. Таким образом, под действием эффектов миграции частиц в периферийных зонах слоя наиболее плотные из них мигрируют в направлении центральной зоны, в которой разделяются под действием сегрегации по размеру и наиболее крупные из них концентрируются в верхней части указанной зоны. В итоге, частицы, имеющие наиболее высокую массу, оказываются сосредоточенными в верхней части центральной зоны слоя.

Для организации процесса сепарации частиц различной массы используется принцип управления сегрегированными потоками [12, 13]. Сформированные на скате сегрегированные потоки перемещают противоточно относительно друг друга в режиме многоступенчатого взаимного контакта. Многоступенчатое противоточное перемещение сегрегированных потоков, дислоцированных в центральной и периферийных зонах гравитационного потока на скате, осуществляется отклоняющимися элементами насадки, управляющей сегрегированными потоками 2 (см. рис. 1). Насадка делит поток ссыпавшихся частиц на три части согласно зонам формирования сегрегированных потоков на скате, и ее отклоняющие элементы перемещают частицы периферийных зон к одному из торцов барабана, а частицы центральной зоны – в противоположную сторону на смежные ступени сепарации. Под ступенью сепарации понимают часть аппарата, ограниченную поперечными сечениями барабана, отстоящими друг от друга на расстояние, соответствующее длине отклоняющего элемента. Частицы встречных сегрегированных потоков при переходе от ступени к ступени вступают в контакт друг с другом в режиме быстрого сдвига на скате, и под действием эффектов сегрегации и миграции каждый из потоков обогащается частицами определенного свойства. Центральный поток обогащается частицами с наибольшей массой, а в периферийных потоках увеличивается концентрация мелких и менее плотных частиц. Частицы сепарируемого материала распределяются вдоль барабана в зависимости от их массы. Масса частиц монотонно увеличивается от одного торца барабана к другому. Очевидно, что в данном случае, средняя масса частиц в целевом продукте зависит от его выхода. С уменьшением выхода средняя масса частиц в целевом продукте будет увеличиваться.

Исследованы технологические возможности использования принципа управления сегрегированными потоками зернистого материала, которые образуются на гравитационном скате, для подготовки пивоваренного ячменя с повышенной экстрактивностью. Экстрактивность повышается путем выделения из зернового вороха сырья с наибольшей массой 1000 зерен. Проведена сепарация исходного зерна одновременно по размеру и плотности в барабанном аппарате. Аппарат снабжен барабаном диаметром 0,5 и длиной 1,5 м, который связан с приводом, обеспечивающим его вращение с регулируемой скоростью. Внутри барабана установлены насадочные устройства, аналогичные изображенным на рис. 1. Для подачи исходного материала в центральную часть барабана использован вибрационный дозатор. Исходным сырьем служила фуражная фракция ячменя сорта «Гонар». Зерно предварительно очищено от сорных примесей и части колотого зерна ситовым способом.

Таблица 1

**Результаты исследования качества ячменя**

Показатели	Отходы	Исходное зерно	Целевая фракция
Масса 1000 зерен в перерасчете на сухое вещество, г	34,4	39,4	45,2
Энергия прорастания, %	92,3	93,1	95,0
Способность прорастания, %	93,5	94,3	96,1
Экстрактивность ячменя в пересчете на сухое вещество, %	47,7	58,7	70,7

Исследование проведено при производительности  $0,125 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$  с выходом целевой фракции около 50 %. Исходное сырье, целевая фракция и условные отходы процесса сепарации проанализированы по основным показателям качества, регламентируемым для пивоваренного ячменя. Анализ проведен с использованием методик, которые регламентируются государственными стандартами для определения: массы 1000 зерен ГОСТ 10842–89 [15]; энергии прорастания и способности прорастания ГОСТ 10968–88 [16]; экстрактивности ячменя ГОСТ 12136–77 [17]. Результаты исследования качества исходного сырья и продуктов его сепарации по показателям, регламентируемым для пивоваренного ячменя, представлены в табл. 1.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что по всем проанализированным показателям качества зерно целевой фракции существенно превосходит зерно исходного сырья. Сепарация исходного зерна одновременно по размеру и плотности позволила выделить целевую фракцию, в которой зерна имеют массу, превышающую на 14,7 % массу зерна в исходном материале. Установлено, что с увеличением массы зерна в целевой фракции наблюдается увеличение энергии прорастания на 1,7 % и повышение способности к прорастанию на 1,8 %. В аспекте решаемой технологической задачи особое внимание обращает на себя эффект повышения экстрактивности зерна целевой фракции на 20,4 % по сравнению с исходным зерном.

Результат следует рассматривать в качестве доказательства целесообразности фракционирования исходного зернового сырья пивоваренного производства в целях выделения целевой фракции с наибольшей массой 1000 зерен. В зависимости от величины этого показателя в исходном материале выполнение названной операции позволяет либо обеспечить выполнение регламентных требований по качеству сырья, либо снизить нормы его расхода на производство пива заданного качества.

Следует отметить, что сепарация зерна одновременно по размеру и плотности позволяет минимизировать механические потери ценного сырья по сравнению с вариантом поэтапного сепарирования. Кроме того, вследствие эффектов самосепарации зерна и в отсутствие жесткого механического воздействия на него со стороны рабочих органов сепаратора зерно травмируется в минимальной степени, что положительно отражается на показателях способности к прорастанию и энергии прорастания.

### *Список литературы*

1. Пивоваренное сырье. Солод [Электронный ресурс] / Искусство виноделия в России. – Режим доступа: <http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st003.shtml> (дата обращения: 20.08.2017).
2. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности России на период до 2020 г.: от 17 апреля 2012 г. № 559-РФ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа : <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/18337.html> (дата обращения: 20.08.2017).
3. Ториков, В. В. Урожайность и пивоваренные качества зерна новых сортов ярового ячменя / В. В. Ториков // Вестн. Брянской гос. с.-х. акад. – 2010. – № 4. – С. 1 – 7.
4. О качестве зерна урожая 2013-2014 годов. [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства. – Режим доступа: <http://www.mcx.ru/news/news/show/27614.htm> (дата обращения: 20.08.17).
5. Воронина, П. А. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экстрактом ячменя / П. А. Воронина // Изв. Самарской гос. с.-х. акад. – 2013. – № 4. – С. 108 – 113.
6. Пат. 2351643 Российская федерация, МПК С12С 7/01 (2006/01). Способ приготовления затора / В. Т. Христюк, ГОУВПО «КубГТУ» ; заявл. 19.11.2007 ; опуб. 10.04.2009 , Бюл. № 10.
7. Пат. 2147313 Российская федерация, МПК С12С 1/02. Способ производства солода / К. В. Кобелев, Л. А. Оганесянц, А. В. Сухоруков, И. В. Селина, М. С. Созинова, Всероссийский научно-исследовательский ин-т пивоваренной, безалкогольной и винодельческой пром-ти ; заявл. 08.09.1998 ; опуб. 10.04.2000, Бюл. № 6.
8. Гончаров, Н. Ф. Влияние крупности зерна ячменя на качество солода / Н. Ф. Гончаров, А. А. Тарасов // Проблемы развития аграрного сектора региона: сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. – Курск, 2006. – С. 152 – 154.
9. Титова, Е. М. Продуктивность и качество сортов пивоваренного солода. / Е. М. Титова, М. А. Внукова // Вестн. Орловского гос. аграрного ун-та. – 2008. – Т. 12, № 3. – С. 5 – 8.
10. Горпинченко, Т. В. Оценка качества сортов сельскохозяйственных культур как сырья для переработки / Т. В. Горпинченко. – М., 2008. – 151 с.
11. Романенко, Г. А. Достижения и перспективы развития аграрной науки России / Г. А. Романенко // АПК: экономика, управление. – 2009. – № 3. – С. 3 – 7.
12. Процессы переработки зернистых материалов в управляемых сегрегированных потоках / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов, А. Н. Куди // Теорет. основы хим. технологии. – 2014. – Т. 48, № 4. – С. 404 – 413.
13. Иванов, О. О. Управление сегрегированными потоками сыпучих материалов для их обработки методами разделения и соединения / О. О. Иванов, В. А. Пронин, Е. А. Рябова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 408 – 410.
14. Долгунин, В. Н. Кинетика сегрегации частиц различной шероховатости и упругости при быстром гравитационном течении зернистой среды / В. Н. Долгунин, О. О. Иванов, А. А. Уколов // Теорет. основы хим. технологии. – 2009. – Т. 43, № 2. – С. 187 – 196.
15. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.internet-law.ru/gosts/gost/28508](http://www.internet-law.ru/gosts/gost/28508) (дата обращения: 30.11.2017).
16. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.internet-law.ru/gosts/gost/19633](http://www.internet-law.ru/gosts/gost/19633) (дата обращения: 30.11.2017).
17. Зерно. Метод определения экстрактивности ячменя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.internet-law.ru/gosts/gost/33607](http://www.internet-law.ru/gosts/gost/33607) (дата обращения: 30.11.2017).

## The Technology of Preparing Raw Grain for Bioconversion with High Extract Content

O.O. Ivanov<sup>1</sup>, E.A. Parfenova<sup>2</sup>, V.N. Dolgunin<sup>2</sup>

*Administration of the Tambov Region, Tambov, Russia (1);  
Department of Technologies and Equipment for Food and Chemical Industries,  
TSTU, Tambov, Russia (2); iooc4@mail.ru*

**Keywords:** raw grain; brewing barley; extract content; separation by mass; segregation; migration; controlled segregated flow.

**Abstract:** The principle of control over segregated flows of particulate solids is used to separate barley grain by size and density simultaneously. It was found out that the implementation of the principle on the basis of a drum apparatus allows separating the grain fraction with the highest grain mass, possessing high physiologic and extractive properties. The extract content of the separated grain fraction exceeds the extract content of the raw grain by 20 %.

### References

1. <http://wine.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st003.shtml> (accessed 20 August 2017).
2. <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/18337.html> (accessed 20 August 2017).
3. Torikov V.V. [Evaluation of Suitability of Spring Barley For Brewer's Purposes], *Transactions of the Bryansk State Agrarian University*, 2010, no. 4, pp. 50-57. (In Russ., abstract in Eng.)
4. <http://www.mcx.ru/news/news/show/27614.htm> (accessed 20 August 2017).
5. Voronina P.A. [Technology Development and Extrudateв Barley Beer Characteristics], *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin Samara State Agricultural Academy], 2013, no. 4, pp. 108-113. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Hristyuk V.T., GOUVPO «Kubanskiy Gosudarstvenniy Universitet» [Kuban State Technological University]; *Sposob prigotovleniya zatora* [Torque converter], Russian Federation, 2009, Pat. 2351643. (In Russ.)
7. Kobelev K.V., Oganesyanc L.A., Suhorukov A.V., Selina I.V., Sozinova M.S., Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut pivovarennoy, bezalkogolnoy i vinodelcheskoy promishlennosti, *Sposob prigotovleniya soloda* [Torque converter], Russian Federation, 2000, Pat. 2147313. (In Russ.)
8. Goncharov N.F., Tarasov A.A. [The effect of particle size of barley into quality malt], *Problemy razvitiya agrarnogo sektora regiona: nauchnaya konferenciya* [Problems of development of agricultural sector in the region: conference], Kursk, 2006, pp. 152-154. (In Russ.)
9. Titova, E. M., Vnukova, M. A. [Productivity and Quality of Malting Varieties of Malt], *Transaction of the Orel State Agrarian University*, 2008, vol. 12, no. 3, pp. 5-8. (In Russ.)
10. Gorpichenko T.V. *Ocenka kachestva sortov sel'skokozyajstvennykh kul'tur kaksyr'ya dlya pererabotki* [Assessment of quality varieties of agricultural crops as raw materials for processing], Moscow, 2008, 152 p. (In Russ.)
11. Romanenko G.A. [Achievements and prospects of development of agricultural science], *APK: ekonomika, upravlenie* [Aic: Economics, Management], 2009, no. 3, pp. 3-7. (In Russ., abstract in Eng.)



12. Dolgunin V.N., Ivanov O.O., Ukolov A.A., Kudi A.N. [Processes of processing granular materials in managed segregated flows], *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii* [Theoretical Basis Of Chemical Technology], 2014, vol. 48, no. 4, pp. 404-413. (In Russ., abstract in Eng.)

13. Ivanov O.O., Pronin V.A., Ryabova E.A. [Controlling of Segregated Flows of Granular Materials for Further Processing by Separation and Joining Methods], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2016, vol. 22, no. 3, pp. 408-410 (In Russ., abstract in Eng.)

14. Dolgunin V.N., Ivanov O.O., Ukolov A.A. [Segregation kinetics of particles with different roughnesses and elasticities under a rapid gravity flow of a granular medium], *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii* [Theoretical Foundations of Chemical Engineering], 2009, vol. 43, no. 2, pp. 187-195. (In Russ., abstract in Eng.)

15. [www.internet-law.ru/gosts/gost/28508](http://www.internet-law.ru/gosts/gost/28508) (accessed 30 November 2017).

16. [www.internet-law.ru/gosts/gost/19633](http://www.internet-law.ru/gosts/gost/19633) (accessed 30 November 2017).

17. [www.internet-law.ru/gosts/gost/33607](http://www.internet-law.ru/gosts/gost/33607) (accessed 30 November 2017).

---

### **Technologie der Vorbereitung des Kornrohstoffes für die Biokonversion mit erhöhtem Extraktgehalt**

**Zusammenfassung:** Das Prinzip der Steuerung der getrennten technologischen Flüsse von körnigen Schüttstoffen ist verwendet, um den Prozess der Gerstenkorntrennung gleichzeitig in Größe und Dichte zu organisieren. Es ist erwiesen, dass die Anwendung des Prinzips auf der technischen Basis der Apparatur mit der rotierenden Trommel erlaubt, die Kornfraktion mit der größten Kornmasse zu isolieren, die sich durch hohe physiologische und extraktive Eigenschaften auszeichnet. Der Extraktwert des Korns der isolierten Fraktion ist mehr als um 20 % höher als die Kornextraktion in dem Ausgangsmaterial.

---

### **La technologie de la préparation de matières premières pour la bioconversion avec une extractivité élevée**

**Résumé:** Le principe de la commande des flux technologiques ségrévés des matériaux en vrac est utilisé pour l'organisation du processus de la séparation des grains d'orge à la fois par la taille et par la densité. Est constaté que la mise en œuvre du principe sur la base technique de l'appareil avec un tambour tournant permet de fournir la fraction des grains avec la plus grande masse de grain, qui est caractérisée par des propriétés physiologiques et extractives. L'extractivité du grain de la fraction fournie est plus de 20 % que extractivité du grain dans les matières premières.

---

**Авторы:** *Иванов Олег Олегович* – кандидат технических наук, доцент, первый заместитель главы администрации Тамбовской области; *Парфенова Екатерина Андреевна* – магистрант; *Долгунин Виктор Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

**Рецензент:** *Гатапова Наталья Цибиковна* – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техническая безопасность», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.