

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>  
УДК 637.1:621.798.1

Обзорная статья  
<http://fptt.ru/>

## Современные упаковочные решения для концентрата сывороточных белков

И. А. Мазеева\*<sup>ORCID</sup>, И. А. Короткий<sup>ORCID</sup>, И. Б. Плотников<sup>ORCID</sup>

Дата поступления в редакцию: 19.10.2018  
Дата принятия в печать: 28.12.2018

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: mазееваia@yandex.ru



© И. А. Мазеева, И. А. Короткий, И. Б. Плотников, 2018

**Аннотация.** Актуальной задачей молочной промышленности является грамотный выбор и применение тароупаковочных материалов. Важным аспектом считается исходное сырье, технология производства и применяемая обработка продукта, его органолептические характеристики, вес фасуемого продукта, условия, режимы и продолжительность транспортирования, хранения и реализации. Высокая степень прочности, устойчивость к изнашиванию, достаточная жесткость, способность к сварке, необходимой для образования прочных и герметичных швов, наличие эстетического оформления, способного привлекать потребителя, присутствие маркировки, отвечающей качественным нормативам – далеко не весь перечень требований, предъявляемых к упаковочным материалам для молочной продукции. Рассматривается: предназначение упаковки и тары, требования, предъявляемые к ним, виды упаковки и тары, инновационные технологии, используемые для упаковывания концентрата сывороточных белков и продуктов, полученных на его основе, режимы и условия транспортирования и хранения. Сегодня российскими таропроизводителями разработано и освоено промышленное производство широкого ассортимента упаковочных материалов, укупочных средств, транспортной и потребительской тары из сырьевых компонентов отечественного производства, инновационных упаковочных технологий для молочной продукции с учетом сенсорных и структурно-механических характеристик фасуемых продуктов, сроков их реализации и хранения. Главной перспективой является разработка и производство тароупаковочных материалов с усовершенствованным предсказуемым комплексом показателей безопасности, а также высоким уровнем барьерности – многослойным и комбинированным материалам, в том числе полимерным, технология получения которых предполагает применение инновационных технологических решений.

**Ключевые слова.** Концентрат сывороточного белка, упаковка, тара, транспортирование, хранение

**Для цитирования:** Мазеева, И. А. Современные упаковочные решения для концентрата сывороточных белков / И. А. Мазеева, И. А. Короткий, И. Б. Плотников // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 48–58. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>.

Review article

Available online at <http://fptt.ru/>

## Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate

I.A. Maseeva\*<sup>ORCID</sup>, I.A. Korotkiy<sup>ORCID</sup>, I.B. Plotnikov<sup>ORCID</sup>

Received: October 19, 2018  
Accepted: December 28, 2018

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: mазееваia@yandex.ru



© I.A. Maseeva, I.A. Korotkiy, I.B. Plotnikov, 2018

**Abstract.** The competent choice and use of packaging materials is one of the most urgent tasks of the dairy industry, i.e. the feedstock; production technology and applied processing; organoleptic characteristics of the product; its weight; conditions, modes, and duration of transportation, storage, and sale. There is a long list of requirements for packaging materials in dairy industry. It includes high strength, resistance to wear, sufficient rigidity, an ability to weld; formation of strong and sealed seams; an aesthetic design that can attract the consumer; standard labeling, etc. The present article features the objectives and requirements of packaging; types of packaging; innovative technologies used for packaging whey protein concentrate and its products; modes and conditions of transportation and storage. Today, Russian packaging manufacturers have developed and mastered a wide range of packaging materials, closures, transport and consumer packaging of domestic raw materials; innovative packaging technologies for dairy products that take into account the sensory, structural, and mechanical characteristics of packaged products; the timing of implementation and storage. The main prospect is the development and production of packaging materials with an improved and predictable set of safety indicators and barrier level, e.g. multilayer and combined materials, such as polymer, based on innovative technological solutions.

**Keywords.** Whey protein concentrate, packaging, packaging, transportation, storage

**For citation:** Maseeva I.A., Korotkiy I.A., and Plotnikov I.B. Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 48–58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58>.

### Введение

В настоящий момент почти вся товарная продукция, предлагаемая потребителю, имеет упаковку и расфасована в тару. Поэтому упаковка является крайне значимым компонентом любого вида продукции в экономическом отношении.

Термины «тара» и «упаковка» довольно обширны. Слово «тара» происходит от итальянского слова *tara* и означает емкость для упаковки, хранения и транспортирования продуктов и других товаров. В качестве тары могут применяться различные емкости – ящики, бочки, банки, бутылки, а также мешки, картонные коробки и прочее. Упаковка, находящаяся в непосредственном контакте с продуктами, представляет собой так называемую первичную тару. Она призвана исполнять роль защитной оболочки, а также выполнять не маловажную для потребителя декоративную функцию.

Еще в древности человечество успешно применяло в своей повседневной жизни различные емкости – ныне тароупаковочные материалы. Это были, изготовленные из глины, дерева, стекла, кожи, полотна и даже листьев различных растений, предметы, применяемые для перевозки и хранения разнообразных продуктов и товаров.

Уже в древнем Египте и античной Греции глиняные емкости стали расписывать. Тогда тара и упаковка, кроме своей непосредственной функции сохранять и облегчать транспортировку продукции и товаров, стала реализовывать немаловажную декоративную составляющую. Данное ремесло превращало обыденные емкости в настоящие предметы искусства и способствовало продвижению продукции на рынках и стимулированию продаж.

Упаковывание – это заключительный технологический этап переработки молока и производства различных молочных продуктов. Основной задачей данного процесса является сохранение исходных качественных показателей молочных продуктов, обеспечение и гарантия санитарно-гигиенической безопасности, придание современного облика готовой молочной продукции, упакованной в привлекательную и удобную для потребителя, а также транспортирования и хранения тару. В современном промышленном производстве стадия упаковывания молочных продуктов – это последовательное выполнение операций по обработке тары и других упаковочных материалов и последующее дозирование в них продукта [1, 2].

Интерес к молочной сыворотке и продуктам ее переработки во всем мире продолжает неуклонно расти. Одним из перспективных направлений ее промышленной переработки является раздельное использование компонентов сырья, в частности

извлечение белков при помощи различных технологических приемов (криоконцентрирование, мембранные способы обработки и др.) с целью получения казеиноальбуминной массы, концентратов белков с полисахаридами (пектин, хитозан), концентратов сывороточных белков (КСБ) [3, 4]. Наряду с концентратами получили популярность продукты, выработка которых предполагает непосредственное применение белковых концентратов в качестве базового ингредиента или их долевого участие. Связано это с возросшей информированностью российского населения о пользе функциональных молочных продуктов и ингредиентов, увеличением покупательской способности на данном рынке, трендом на здоровое функциональное питание, а также повсеместной рекламой здорового образа жизни [5, 6].

Исторически, промышленное производство молочных белковых концентратов началось сравнительно недавно – в 60–70 гг. прошлого столетия. Бум производства различных концентратов пришелся на 90-е годы, когда были доказаны и оглашены их высокие анаболические свойства и биодоступность. На сегодняшний день это не только самая востребованная биодобавка среди производителей молочной продукции, но и прекрасный базовый ингредиент для существующих и разрабатываемых инновационных молочных продуктов. Для упаковывания концентратов использовалось доступное многообразие тароупаковочных материалов того времени: металлические фляги, бочки, ящики из различных материалов, полиэтиленовая пленка, пергамент и др.

В результате совершенствования методов переработки вторичного молочного сырья на принципах безотходности, ресурсо- и энергосбережения современных молокоперерабатывающих предприятий, модернизации и технического перевооружения, существующих ныне технологических линий по производству КСБ, возникает необходимость в разработке и внедрении инновационных упаковочных решений и тары для готовых продуктов. Первоочередной задачей является оценка экономической эффективности внедрения современных высокоэффективных технологий и оборудования. Это требует определенных капитальных затрат и финансовых вложений, с учетом сроков окупаемости и рентабельности таких технологий [7–9].

Целью работы является рассмотрение различных видов упаковочных материалов и тары, инновационных технологий, используемых для упаковывания концентрата сывороточного белка и продукции, выработанной на его основе,

анализ перспективных направлений разработки, производства и использования тароупаковочных материалов.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследований являются различные виды упаковочных материалов и тары, инновационные технологии, используемые для упаковывания концентрата сывороточного белка и продукции, выработанной на его основе. Рассмотрены: предназначение упаковки и тары; требования, предъявляемые к ним; виды упаковки и тары; режимы и условия транспортирования и хранения.

### **Результаты и их обсуждение**

Упаковкой именуют тару или оболочку товара, которая предназначается для сохранения продукта, удобства обращения с ним и его транспортирования, а также выполняет ряд значимых маркетинговых функций, таких как привлечение внимания потребителей, идентификация продукта или товара, информационное оповещение потребителей, реклама и формирование имиджа.

Упаковка выполняет значимую роль в сохранности и обеспечении потребительских качеств и свойств молочных продуктов. К ней предъявляется ряд многочисленных требований:

- соответствие санитарным и гигиеническим нормам безопасности;
- технологичность в изготовлении и использовании;
- экономичность;
- механическая прочность;
- привлекательность и удобство для потребителя;
- экологичность;
- возможность утилизации или рециклинг и др.

В связи с огромным разнообразием типов и видов тары ее классифицируют по следующим признакам:

- по назначению: потребительская, производственная и транспортная;
- по признаку отношения к механическим воздействиям: жесткая, полужесткая и мягкая;
- по кратности использования: разовая и многооборотная (возвратная и инвентарная);
- по виду материала, из которого она изготовлена: деревянная, металлическая, картонная, стеклянная, бумажная, тканевая, полиэтиленовая, комбинированная и др [10].

При выборе наиболее рациональных решений по выбору упаковочных материалов следует опираться не только на технические и экономические, но и на значимые экологические аспекты.

К требованиям, предъявляемым к виду и качеству материала для изготовления тары и упаковки, а также к самой таре с целью обеспечения показателей ее безопасности и экологичности, относятся различные национальные законодательные нормативные акты, принятые на территории всех цивилизованных стран, включая Россию. К ним относят: федеральные

законы, технические регламенты, национальные и межгосударственные стандарты, санитарные правила и нормы, технические условия, технологические инструкции, постановления и ряд других [11, 12].

Загрязнение окружающей среды, использованной или утилизируемой тарой, можно многократно сократить, применяя вторичную переработку тары и упаковочных материалов или рециклинг [2, 11].

Молоко и практически все ассортиментные группы молочных продуктов скоропортящиеся, особо чувствительные к любым внешним изменениям. В результате чего, требующие трепетного отношения к выбору тароупаковочного материала, а также тщательного и бережного отношения непосредственно к самой таре и упаковке. В последнее время условия современных молокоперерабатывающих предприятий позволяют осуществлять грамотный выбор тароупаковочных материалов для транспортной и потребительской расфасовки молочной продукции, придавая особую значимость сохранности качественных показателей и потребительских свойств продуктов. Современное производство и выпуск высококачественной молочной продукции определяется следующими основными факторами:

- составом и свойствами исходного сырья;
- технологией получения молочного продукта, его составом и свойствами;
- условиями расфасовки молочного продукта;
- используемой тарой и упаковочными материалами [10, 13].

Концентрат сывороточного белка – продукт скоропортящийся, довольно нестойкий при хранении. Даже при низкой температуре (0–2 °С) его качество достаточно быстро ухудшается. Происходит это по причине высокой биологической активности молочного сырья. Сенсорные показатели продукта могут ухудшаться и при хранении вследствие ряда факторов: жизнедеятельности естественной, заквасочной или посторонней микрофлоры, несоблюдения температурных режимов транспортирования и хранения, высокой активности ферментов, свойств и характеристик упаковочного материала, а также других факторов. Например, под действием света и высокой температуры активно развиваются не только нативные микроорганизмы продукта, но и патогенные бактерии, дрожжи и плесневые грибы, которые обладают высокой протеолитической и липолитической активностью, что в свою очередь приводит к разрушению в продукте белков и жиров – главных компонентов молока. В результате действия этих и многих других факторов возникают дефекты, сказывающиеся на цвете, вкусе, запахе, консистенции, а также других сенсорных показателях продукта. В дальнейшем эти дефекты приводят к ухудшению качественных показателей, резкому снижению пищевой ценности и безопасности молочного продукта [14, 15].

Для пролонгирования сроков годности концентрата сывороточного белка часто в промышленности применяют технологию его замораживания до температуры  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а иногда и ниже. Данный метод не приемлем для реализации относительно порционно фасованного продукта, особенно через систему розничной торговли. В связи с этим чрезвычайно важную задачу по сохранению качества концентрата сывороточного белка может и обязана взять на себя транспортная и потребительская упаковка [16].

Концентрат сывороточного белка, получаемый из молочной сыворотки, может использоваться в чистом виде для дальнейшей промышленной переработки, а также на его основе или с его непосредственным применением возможно получать:

- пасты альбуминные (без добавления или с добавлением вкусовых компонентов), в том числе подвергнутые предварительной тепловой обработке и предназначенные для непосредственного употребления в пищу, а также кулинарных целей;
- напитки (в том числе кисломолочные);
- десертные продукты (в том числе замороженные);
- мороженое;
- сыры нежирные, пастообразные и плавленые сыры различных видовых групп;
- салатные соусы (дрессинги) (в том числе майонезы), маргарины;
- творог, творожные изделия и продукты (в том числе сырки, массы (сладкие, соленые и др.));
- сметану и сметанные продукты (в том числе сметанные соусы);
- молочно-белковые кремы, пасты;
- детские молочные продукты (в том числе сухие);
- желе и желеобразные продукты (пудинги, муссы и др.);
- молочные и молокосодержащие консервы;
- белково-углеводные концентраты;
- продукты для энтерального питания и специальные заменители женского молока;
- белковую основу для производства продуктов детского, лечебного и диетического питания;
- мясопродукты (колбасные изделия (сырокопченые, сыровяленые, полукопченые, вареные, варено-копченые, ливерные и др.), паштеты, консервы и др.);
- полуфабрикаты для мясопродуктов;
- заменители цельного молока для молодняка сельскохозяйственных животных, профилактические добавки и комбикорма;
- кондитерские изделия;
- хлебобулочные изделия;
- кулинарные изделия (полуфабрикаты для сырников и теста, молочно-белковые диетические изделия, фарши и др.) [16–18].

В связи с изложенным вопрос об упаковывании КСБ и приведенного выше перечня продукции является крайне актуальным. Не смотря на широкий арсенал имеющейся на вооружении производителей молочной тары и упаковки, исторически

прослеживаются тенденции в отношении вида применяемой упаковки и типа фасуемой продукции.

Классический подход к упаковыванию КСБ предполагает использование в качестве тары жесткой упаковки (жестяные банки и др.), полужесткой (коробочки, стаканчики, баночки из различных полимерных и комбинированных материалов), мягкой (бумажная упаковка (пергамент, подпергамент), пакеты из картона, однослойных и многослойных полимерных материалов, кашированной фольги и др.) [10].

Картонную тару изготавливают из крафт-бумаги или картона. Внутреннюю сторону упаковочного материала покрывают полиэтиленом, а внешнюю – парафинируют. Соприкосновение с упакованным продуктом, а также внешняя влага не способны промочить материал. Ламинат – наиболее эффективный упаковочный материал из всего разнообразия картонной тары. Он многослойный, состоит из картона-основы, алюминиевой фольги и нескольких слоев полиэтиленовой пленки.

Мягкую или полужесткую тару применяют для фасования КСБ в пастообразном виде. В качестве последней применяют тару разной вместимости из термоформуемых полимерных материалов. Укупоривание полужесткой тары осуществляют свариванием верхней кромки упаковки с покровной пленкой толщиной, выполненной из комбинированного или полимерного материала. При порционном фасовании часто применяют пергаменты, кашированную алюминиевую фольгу, полимерные материалы («Повиден», этрол и др.). Лучшим упаковочным материалом для подобной цели является кашированная фольга, состоящая из склеенных между собой материалов: алюминиевой фольги и подпергамента или пергамента.

Для упаковывания высушенного КСБ используют следующие виды тары: металлические и комбинированные банки, клееные пачки с целлофановыми вкладышами, комбинированные материалы типа цефлен (на основе полимерных пленок или бумаги и алюминиевой фольги). Комбинированные банки и фольгу перед их непосредственным применением обрабатывают – стерилизуют горячим воздухом или (облучают) бактерицидными лампами. После дозирования продукта в банки их закатывают. Сухой концентрат сывороточных белков закатывают обычным способом, а также в среде азота с предварительным вакуумированием. Сухой КСБ сублимационной сушки закатывают только в среде азота с предварительным вакуумированием [10, 17].

Тара и упаковка для КСБ должна обладать высокой прочностью во влажном состоянии, а также достаточной степенью барьерности, т.е. газо-, паро-, водо-, ароматонепроницаемостью. Используемые тароупаковочные материалы должны обладать эксплуатационной надежностью, не подвергаться расслоению. Практически полностью вышеприведенным критериям соответствуют следующие виды тароупаковочных материалов:



пергаментная бумага, пакеты из термопластов, ламинаты, изготовленные на основе термопластов и бумаги, фольга двух- и трехслойной конструкции, а также разнообразная полужесткая тара из ламинатов на основе полимерных материалов и картона.

Наличие в составе молока и молочных продуктов многочисленного количества компонентов различной химической природы обусловило их ярко выраженную способность сорбировать ионы тяжелых металлов, а также большинство органических соединений, в том числе потенциально опасных и вредных для здоровья человека. В этой связи все без исключения тароупаковочные материалы, применяемые в молочной промышленности, должны быть максимально инертны по отношению к фасованному в них продукту, а при контакте с ним не выделять опасных и вредных для организма человека компонентов [19, 20].

При продолжительном контакте упаковки с продуктом различные полимерные материалы (лаки, красители, растворители, наполнители и другие компоненты), применяемые для изготовления большинства упаковочных материалов, могут мигрировать в молочный продукт, а из продукта – в желудок человека. Результаты такой миграции могут проявляться только спустя довольно длительное время. Для обеспечения безопасности необходимо знать о возможном влиянии компонентов упаковки на физиологию организма человека. В этом контексте токсикологические и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к тароупаковочному материалу, являются наиболее важными. Следует осуществлять тестирование упаковочных материалов. Оно должно проходить с обязательным оценением активности компонентов упаковки, которые могут проникать в молочные продукты. Первостепенной задачей биологических исследований таких веществ является выявление факта их возможного отдаленного воздействия на организм человека. Результаты подобных исследований оказывают решающее влияние на гигиеническую регламентацию тароупаковочного материала для конкретного молочного продукта [7, 8, 11].

Для исключения возможного попадания вредных и опасных для здоровья человека веществ в фасованный продукт существует ряд законодательных и нормативных актов, утвержденных Министерством здравоохранения РФ. В результате вся тароупаковочная продукция отечественного и импортного производства должна подлежать тщательному контролю, обязательной гигиенической сертификации и обладать высокими санитарно-гигиеническими показателями и показателями безопасности [21].

При выборе упаковки для КСБ следует учитывать не только ее технические характеристики и дизайн, но и способ вскрытия. Решающую роль при выборе продукта потребителем играет удобство использования упаковки [2, 19].

В настоящее время, благодаря инновационным технологиям, в распоряжение производителей

предоставлены совершенно новые виды упаковочной продукции, но вопрос о правильном выборе упаковочного материала для КСБ решается индивидуально для каждого конкретного случая. Чаще других в качестве упаковки применяют различные полимерные материалы, из которых в процессе синтеза и переработки получают упаковку, представляющую собой многокомпонентную систему.

К полимерной упаковке, контактирующей с продуктами переработки молока, предъявляются гигиенические требования, определяемые следующими факторами:

- токсичностью (отсутствием высокотоксичных веществ);
- кумулятивными свойствами и специфическим действием на организм человека (канцерогенным, мутагенным, аллергенным и др.);
- химической инертностью по отношению к продукту упаковочным материалом (не должен изменять органолептических свойств продукта и выделять химических веществ в дозах, превышающих допустимые уровни).

Довольно невысокая стоимость, многообразие исходных производственных материалов и вариантов исполнения, востребованность потребителями – далеко не окончательный перечень достоинств полимерной упаковки. Одно из инновационных решений – упаковка из полипропилена с дополнительным внутренним высокобарьерным покрытием EVOH. Применение данной упаковки значительно продлевает сроки хранения молочных продуктов [10, 11, 22].

Асептический способ фасования молочных продуктов пользуется большой популярностью у производителей. Данный способ предполагает расфасовку продукта в стерильный упаковочный материал. Причем укупоривание продукта происходит в условиях той же стерильности. Данная технология обеспечивает высокую степень защиты от быстрой порчи продукта, дополнительно способствуя пролонгации сроков хранения КСБ без применения каких-либо консервирующих агентов. Как правило, в состав тары, используемой при асептическом способе фасования, входят картон, алюминий и полиэтилен.

Применение при фасовании КСБ газомодифицированных смесей, способствует значительному продлению сроков его годности. Данная технология предполагает применение безопасных для организма человека веществ, позволяет сохранять основные сенсорные характеристики молочного продукта без использования консервантов путем создания в таре специфической антибактериальной среды [20].

В сущности, тароупаковочные материалы, используемые для фасования КСБ, должны:

- отвечать требованиям нормативной документации, в соответствии с которой они произведены;
- допускаться к применению в установленном нормативными актами порядке;
- обеспечивать сохранность качества и безопасность

продукта при его транспортировании, хранении и реализации [21, 23].

Тароупаковочные материалы и инновационные технологии, применяемые для упаковывания концентрата сывороточного белка, режимы и сроки его хранения в различных видах упаковки и тары, приведены в таблице 1.

Транспортная тара, используемая для КСБ, должна быть чистой, продезинфицированной, не подверженной коррозии.

Чаще всего КСБ упаковывают так называемыми головками массой 4–5 кг каждая по 3–4 штуки в пленочные мешки.

В случае применения ящиков из картона для упаковывания КСБ последние выстилают пленочными мешками из полимерных материалов или другими упаковочными материалами. В каждый ящик помещают КСБ одной партии и одинаковой массы нетто. Ящики должны быть

неповрежденными, чистыми, без посторонних запахов. Стыки клапанов картонных ящиков оклеивают клеевой лентой на бумажной основе или полиэтиленовой лентой с липким слоем. Горловину мешков-вкладышей сваривают методом термосваривания, туго перевязывают двойным узлом с перегибом, закрепляют при помощи клипсаторов или используют другие способы упаковывания.

После фасования продукта фляги плотно закрывают крышками, снабженными резиновыми прокладками и пломбируют.

На всю высоту ящика, изготовленного из полимерных материалов, помещают уплотнительные прокладки из фанеры, картона или плотной бумаги, предохраняющие транспортную упаковку от повреждений.

Продукты, полученные на основе КСБ или с его непосредственным применением, упаковывают:

Таблица 1 – Режимы и сроки хранения концентрата сывороточного белка в разных видах тары/упаковки/материала  
Table 1 – Modes and periods of whey protein concentrate storage according to different types of packaging and material

№ п/п	Вид тары/упаковки/материала, технология упаковывания	Режим и сроки хранения
<b>транспортная</b>		
1	Деревянные заливные и сухотарные бочки с пленочными мешками-вкладышами	– температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 3 сут.;
2	Металлические фляги для молока и молочных продуктов, алюминиевые бидоны	– температура не выше –10 °С, относительная влажность воздуха не более 90 %, не более 90 сут.;
3	Пленочные мешки-вкладыши	– температура не выше 20 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 6 мес.
4	Ящики из гофрированного картона или тарного плоского склеенного картона с пленочными мешками-вкладышами	(сухой КСБ)
5	Ящики дощатые, фанерные, полимерные и алюминиевые ящики-контейнеры, закрытые крышками и опломбированные	
<b>потребительская</b>		
1	Пергамент и подпергамент	– температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 3 сут.;
2	Кашированная фольга (фольга, кашированная пергаментом или подпергаментом)	– температура не выше –10 °С, относительная влажность воздуха не более 90 %, не более 90 сут.
3	Пленка полиэтиленовая наполненная	
4	Герметичная упаковка из полистирола или полипропилена (баночки, коробочки, контейнеры, стаканчики, тубы и др.)	
5	Высокобарьерная пленка	температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 10 сут. (при соблюдении стерильных условий)
6	Вакуумирование содержимого и запаивание пакета	
7	Заполнение пакетов инертным газом с автоматической регулировкой подачи инертного газа в зависимости от содержания кислорода (O <sub>2</sub> ) в пакете	температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 14 сут.
8	Стоячие пакеты типа «Дой-пак» (в модифицированной газовой среде)	
9	Бумага или комбинированные материалы на ее основе с образованием брикета, укладка в вакуум-формованную упаковку прямоугольной формы из тонких (ок. 100 мкм) высокобарьерных прозрачных или белых пленок	
10	Металлизированный комбинированный упаковочный материал, ламинированный полиэтиленом с обеих сторон. Оболочка -упаковка из такого материала, сваренная по продольному шву и заклипсованная по торцам	температура от 2 °С до 6 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, не более 21 сут.
11	Технология ULTRA CLEAN – фасовка и упаковка продукта в условиях сверхчистого воздуха	
12	Технология упаковки в модифицированной газовой среде (МГС) (упаковка в газ) или упаковка в MAP (Modified Atmosphere Packaging)	

- батончиками с применением пленки в виде рукавной оболочки из полимерных материалов на основе полиамидов, полиолефинов и других жиро-, влаго- и газопаронепроницаемых пленок массой нетто от 100 до 1000 г включительно;
- в пакеты из полимерных или комбинированных материалов массой нетто от 250 до 1000 г включительно;
- в стаканчики и коробочки, изготовленные из пропилена, полистирола и других полимерных материалов, герметично укупоренные слоем алюминиевой фольги с термосвариваемым покрытием либо другого термосвариваемого материала со съёмными крышками или без них массой нетто от 100 до 500 г включительно.

Данные продукты в потребительской упаковке помещают в ящики из картона или другую транспортную упаковку, разрешенную к непосредственному применению, массой нетто не более 20 кг. Между горизонтальными рядами продукта следует укладывать прокладки из оберточной бумаги. В каждый ящик помещают продукты одинаковой массы нетто, выработанные одной партией.

Можно применять другие упаковочные материалы, транспортную и потребительскую упаковки, разрешенные для контакта с пищевыми, в частности молочными продуктами.

Концентрат хранят упакованным в транспортную и потребительскую упаковки, продукты на его основе – в потребительской упаковке, уложенной в транспортную упаковку.

Продукт в транспортной упаковке располагают для хранения на решетках, рейках, поддонах, в чистых, сухих и хорошо вентилируемых помещениях, в торговой сети – в охлаждаемых прилавках и холодильных шкафах. Не допустимо хранить концентрат совместно с другими пищевыми продуктами, имеющими специфический запах.

Перевозку КСБ и продуктов, выработанных на его основе, осуществляют в специализированных изотермических транспортных средствах, в соответствии с действующими правилами перевозок грузов, на транспорте соответствующего вида [16, 21, 23].

В целях продолжительного хранения (в течение нескольких месяцев) концентрат, возможно, резервировать замораживанием. При замораживании большой массой (например, в бочках) при температуре выше  $-20$  °С процесс протекает медленно, с образованием довольно крупных кристаллов льда. Такой продукт после размораживания резко снижает свои качественные характеристики. Крупные кристаллы льда превращаются в значительные капли влаги, которые не способны равномерно распределиться и частично вытекают из концентрата. В результате продукт приобретает крупитчатую консистенцию. Для предотвращения данных недостатков на современных молокоперерабатывающих предприятиях концентрат перед замораживанием предварительно фасуют в виде брикетов массой

0,5 кг или в виде блоков массой 7–10 кг. Брикет и блок вначале упаковывают в бумагу, покрытую полиэтиленовой пленкой. Затем замороженный концентрат укладывают в картонные ящики и направляют для длительного хранения в камеры с температурой воздуха не выше  $-18$  °С. При постепенной дефростации брикетов и блоков концентрата из последнего не извлекается влага и не происходит значительных изменений его структурно-механических характеристик [14, 17].

Проведенный комплекс научных и опытно-технологических работ, выполненных в последние годы учеными совместно с рядом предприятий и организаций, позволил развить принципиально новые направления научно-технического прогресса в области создания тароупаковочных материалов для молочной промышленности. Созданы научные и технологические предпосылки производства новых для молочной промышленности тароупаковочных материалов, в том числе материалов нового поколения с уникальным прогнозируемым комплексом свойств [10, 24].

Одна из перспективных разработок – группа упаковочных материалов для молочных продуктов, обладающих повышенными барьерными свойствами. За счет нанесения на рулонные полимерные субстраты комбинации тончайших многослойных покрытий различных металлов, их сплавов, окислов и неметаллов – оксидов, нитритов, нитридов и др., происходит формирование непроницаемости упаковки. При этом используется вакуумная технология магнетронного напыления. В результате такой технологии получен упаковочный материал с комбинированным медно-алюминиевым покрытием, который по уровню барьерности аналогичен лучшим зарубежным образцам.

Перспективным направлением является разработка и производство материалов, в состав которых входят антимицробные добавки. Проведенные исследования материала показали, что за счет его поверхностной модификации удалось достичь выраженного ингибирующего эффекта по отношению к плесени. Разработанный материал является прекрасной альтернативой металлизированным бумагам и кашированной фольге, будучи в несколько раз дешевле. Материал предназначен для расфасовки и довольно продолжительного срока хранения пастообразных молочных продуктов, включая КСБ.

Биоразлагаемая упаковка, изготовленная из зерновых культур, картофеля, фруктов – еще одна из перспективных на сегодняшний день для фасования КСБ. Биоразлагаемая упаковка более конкурентоспособна в связи с ее низкой стоимостью. Ее производство – относительно легкий и быстрый процесс. Данная упаковка может изготавливаться методом формования под прессом меньше, чем за 1 минуту. Готовый к использованию контейнер покрывают специальной водоотталкивающей пленкой, содержащей в себе витамины и другие полезные пищевые добавки, изготовленной из натуральных материалов.

Прозрачный биоразлагаемый упаковочный материал можно получать из целлюлозы и хитина. В будущем такой материал может заменить пластик. Хитин получают из экзоскелета членистоногих (ракообразных и насекомых). Смесь нановолокон хитина и целлюлозы с водой превращают в суспензию и наносят на основу из полилактида, полученного из кукурузы или сахарного тростника. По прочности материал не уступает пластику, на 67 % менее проницаем для кислорода, чем полиэтилентерефталат – основной материал полимерной тары.

Из отходов рыбной промышленности можно получить компостируемый, экологически чистый и антимикробный биопластик.

«Умная бумага» – новый экологически чистый упаковочный материал. Входящие в его состав минеральные добавки, способствуют достижению высокой водо- и жиростойкости, бактериологической чистоты («эффект скорлупы»), высоких барьерных свойств, безопасности, белизны, матовости поверхности, приятных тактильных свойств. В отличие от кашированной фольги она не нуждается в дополнительной утилизации и полностью разлагается. Материал может использоваться на любом упаковочном оборудовании и оказывает меньшую нагрузку на фасовочные машины, что продлевает срок службы технологического оборудования.

В результате совмещения полимерной пленки «Умная бумага» и кашированной фольги получают уникальный материал – «Нанофольгу». Новый упаковочный материал обладает всеми основными преимуществами своих предшественников: экологичен, практичен, не прилипает к продукту, не рвется при разворачивании, обладает повышенной газо- и светонепроницаемостью, сохраняет форму, поддерживает температуру упакованного продукта, имеет привлекательный внешний вид. В составе материала содержится около 70 % минералов, что позволяет ему полностью разлагаться и не прибегать к дополнительной утилизации.

Создан экологически чистый упаковочный материал – Scoby, полученный из ферментированных бактерий и дрожжей, представляющий собой органическую мембрану. Упаковка Scoby полностью биоразлагаема и съедобна.

В настоящее время в качестве тары популярность приобретают полимерные двухкамерные стаканчики

и контейнеры, а также «упаковка-посуда» [10, 13, 24–26].

Данные инновационные упаковочные материалы и тара используются за рубежом и рядом российских производителей молочных продуктов, таких как ОАО «Ядринмолоко», «Молвест», Торжокский молочный комбинат «Тверца», ООО «Новатор» (Крым), «Крымский молочник» и др. Они подходят для упаковки различных молочных и молкосодержащих продуктов, в том числе КСБ и продуктов, выработанных на его основе.

Вышеупомянутые направления создания упаковочных материалов и тары нового поколения не являются единственными. Основная проблема – максимальное адаптирование упаковки к конкретным видам фасуемой продукции.

### Выводы

В настоящее время российскими таропроизводителями разработано и освоено промышленное производство широкого ассортимента упаковочных материалов, укупорочных средств, транспортной и потребительской тары из сырьевых компонентов отечественного производства, инновационных упаковочных технологий для молочной продукции с учетом сенсорных и структурно-механических характеристик фасуемых продуктов, сроков их реализации и хранения. Главной перспективой является разработка и производство тароупаковочных материалов с усовершенствованным предсказуемым комплексом показателей безопасности, а также высоким уровнем барьерности – многослойным и комбинированным материалам, в том числе полимерным, технология получения которых предполагает применение инновационных технологических решений.

Сегодня современные производители молочной тары и упаковки предлагают широкий ассортимент изделий, разнообразных по материалу изготовления, геометрической форме, а также подходам к самому процессу фасования продукта. Это, с одной стороны, позволяет отдать предпочтение наиболее инновационной упаковке, а, с другой, – усложняет процесс выбора.

### Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Упаковка молока и молочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsia.com/4x165f.html/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
2. Хэнлон, Дж. Ф. Упаковка и тара: проектирование, технологии, применение / Дж. Ф. Хэнлон, Р. Дж. Келси, Х. Е. Форсинио; пер. с англ. В. Ашкинази, Б. Бондаренко, В. Климешов [и др.]. – СПб. : Профессия, 2006. – 632 с.
3. Пути решения импортозамещения молочной продукции. Продукты из молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, Б. В. Чаблин, М. С. Золоторева [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 185, № 3. – С. 10–14.
4. Тенденции переработки молочной сыворотки / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, В. К. Топалов [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 190, № 8. – С. 23–25.



5. Переработка молочной сыворотки с получением ценных пищевых ингредиентов / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, С. Н. Князев [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 187, № 5. – С. 28–29.
6. Использование сывороточных ингредиентов в производстве продуктов питания / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, А. В. Костюк [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 65–67.
7. Interaction and influence of investment process stimulating factors in agriculture on the main trends in the development of the agricultural sector in Russia / N. Kuznetsov, M. Iurkova, V. Shibaykin [et al.] // *Економічний часопис-XXI*. – 2016. – Vol. 158, № 3–4–2. – P. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V158-06>.
8. Novikova, N. Concept and modalities of the corporatization of capital / N. Novikova, J. Shihanova, L. Alaykina // *Theoretical and Practical Issues of Ensuring the Economic Interests of the Modern Innovative Society* / A. Burkov. – San Francisco : B&M Publishing, 2013. – P. 123–124.
9. Новикова, Н. А. Тенденции развития молочной отрасли в России / Н. А. Новикова // *Агропродовольственная экономика*. – 2017. – № 3. – С. 17–26.
10. Мамаев, А. В. Тара и упаковка молочных продуктов / А. В. Мамаев, А. О. Куприна, М. В. Яркина. – СПб. : Лань, 2014. – 304 с.
11. Харитонов, В. Д. Основные направления развития молочной промышленности и вопросы экологизации / В. Д. Харитонов, Л. Л. Лисенкова, Д. Н. Лисицын // *Переработка молока*. – 2010. – № 10. – С. 15–17.
12. Малыха, Е. Ф. Актуальные проблемы организаций молочной промышленности России / Е. Ф. Малыха, Ю. В. Катаев // *Наука без границ*. – 2017. – Т. 14, № 9. – С. 5–9.
13. Affertshoit, T. Whey Book 2014. The Global Market for Whey and Lactose ingredients 2014-2017/3A / T. Affertshoit, M. Fenger. – Business Consulting, 2014. – 148 p.
14. Щетинин, М. П. Производство и переработка молочной сыворотки в России и Алтайском крае / М. П. Щетинин, А. С. Дорохова // *Ползуновский Вестник*. – 2013. – № 4–4. – С. 80–84.
15. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, В. К. Топалов [и др.] // *Молочная промышленность*. – 2015. – № 5. – С. 36–41.
16. ГОСТ 33956-2016. Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия [Электронный ресурс]. М. : Стандартинформ, 2016. – 12 с. – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/63995/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
17. Технология продуктов из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмов, С. В. Василисин, С. А. Рябцева [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2011. – 424 с.
18. Золоторева, М. С. Переработка сыворотки – возможность заработать / М. С. Золоторева // *Переработка молока*. – 2014. – Т. 182, № 12. – С. 10–12.
19. Аксенова, Т. И. Технология упаковочного производства / Т. И. Аксенова, В. В. Ананьев, Н. М. Дворецкая. – М. : Колос, 2002. – 184 с.
20. Проценко, И. О. Тара и упаковка. Путь к потребителю / И. О. Проценко, В. Г. Ларионов, Д. С. Фалько // *Российское предпринимательство*. – 2000. – Т. 8, № 8. – С. 51–54.
21. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902299529/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
22. Сухарева, Л. А. Полимеры в производстве тароупаковочных материалов / Л. А. Сухарева, В. С. Яковлев. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 494 с.
23. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docinfo.ru/tr-ts/tr-ts-033-2013/>. – Дата обращения: 19.09.2018.
24. Мунам, З. С. Повышение качества упаковки молочной продукции Ирака / З. С. Мунам // *Биоэкономика и экобиополитика*. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 44–48.
25. Упаковка нового поколения / О. Коваленко, В. Крылова, Л. Абрамова [и др.] // *Пластикс*. – 2012. – Т. 111, № 5. – С. 30–34.
26. Минасян, Т. В. Тренде – легкая прозрачность. Обзор российского рынка упаковки / Т. Минасян // *Российский продовольственный рынок*. – 2016. – № 4. – С. 41–45.


## References

1. *Upakovka moloka i molochnykh produktov* [Packaging of milk and dairy products]. Available at: <https://lektsia.com/4x165f.html/>. (accessed 19 September 2018).
2. Hanlon J.F., Kelsey R.J., and Forcinio H.E. *Handbook of Package Engineering*. CRC Press Publ., 1998. 698 p. (Russ. ed.: Khehnlon Dzh.F., Kelsi R.Dzh., and Forsinio X.E. *Upakovka i tara: proektirovanie, tekhnologii, primenenie*. St. Petersburg: Professiya Publ., 2008. 632 p.).
3. Evdokimov I.A., Chablin B.V., Zolotoreva M.S., and Volodin D.N. Puti resheniya importozameshcheniya molochnoy produktsii. Produkty iz molochnoy syvorotki [Solutions for the import substitution of dairy products]. *Milk Processing*, 2015, vol. 185, no. 3, pp. 10–14. (In Russ.).
4. Zolotoreva M.S., Volodin D.N., Topalov V.K., Evdokimov I.A., and Chablin B.V. Tendentsii pererabotki molochnoy syvorotki [Trends in whey processing]. *Milk Processing*, 2015, vol. 190, no. 8, pp. 23–25. (In Russ.).

5. Zolotoreva M.S., Volodin D.N., Knyazev S.N., Tereshina E.N., and Chablin B.V. Pererabotka molochnoy syvorotki s polucheniem tsennykh pishchevykh ingredientov [Processing whey to obtain valuable food ingredients]. *Milk Processing*, 2015, vol. 187, no. 5, pp. 28–29. (In Russ.).
6. Volodin D.N., Zolotoreva M.S., Kostyuk A.V., et al. Application of whey ingredients in foods production. *Dairy industry*, 2017, no. 2, pp. 65–67. (In Russ.).
7. Kuznetsov N., Iurkova M., Shibaykin V., Novikova N., and Sadovnikova E. Interaction and influence of investment process stimulating factors in agriculture on the main trends in the development of the agricultural sector in Russia. *Economic Annals-XXI*, 2016, vol. 158, no. 3–4–2, pp. 26–30. DOI: <https://doi.org/10.21003/ea.V158-06>.
8. Novikova N., Shihanova J., and Alaykina L. Concept and modalities of the corporatization of capital. In: A. Burkov (ed) *Theoretical and Practical Issues of Ensuring the Economic Interests of the Modern Innovative Society*. San Francisco: B&M Publ., 2013, pp. 123–124.
9. Novikova N.A. Tendencies of development of the dairy industry in Russia. *Agro Production and Economics Journal*, 2017, no. 3, pp. 17–26. (In Russ.).
10. Mamaev A.V., Kuprina A.O., and Yarkina M.V. *Tara i upakovka molochnykh produktov* [Packaging of dairy products]. St. Petersburg: Lan Publ., 2014. 304 p. (In Russ.).
11. Kharitonov V.D., Lisenkova L.L., and Lisitsyn D.N. Osnovnye napravleniya razvitiya molochnoy promyshlennosti i voprosy ehkologizatsii [The main trends in the development of dairy industry and ecological issues]. *Milk Processing*, 2010, no. 10, pp. 15–17. (In Russ.).
12. Malykha E.F. and Katayev Yu.V. Actual problems of Russian dairy industry organizations. *Nauka bez granits* [Science without borders], 2017, vol. 14, no. 9, pp. 5–9. (In Russ.).
13. Affertshoit T. and Fenger M. *Whey Book 2014. The Global Market for Whey and Lactose ingredients 2014-2017/3A*. Business Consulting Publ., 2014. 148 p.
14. Schetinina M.P. and Dorokhova A.S. Production and processing of whey in Russia and the Altai Region. *Polzunovskiy Vestnik*, 2013, no. 4–4, pp. 80–84. (In Russ.).
15. Volodin D.N., Zolotoreva M.S., Topalov V.K., et al. Milk whey processing: conceptual strategy, real technologies, adequate investments, demanded products. *Dairy industry*, 2015, no. 5, pp. 36–41. (In Russ.).
16. *State Standard 33956-2016. Albumine and pastes from albumin. Specifications*. Moscow: Standartinform Publ., 2016. 12 p. Available at: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/63995/>. (accessed 19 September 2018).
17. Khrantsov A.G., Vasilisin S.V., Ryabtseva S.A., and Vorotnikova T.S. *Tekhnologiya produktov iz vtorichnogo molochnogo syr'ya* [Technology of products from secondary dairy raw materials]. St. Petersburg: GIOR Publ., 2011. 424 p. (In Russ.).
18. Zolotoreva M.S. Pererabotka syvorotki – vozmozhnost' zarabotat' [Whey processing for some extra cash]. *Milk Processing*, 2014, vol. 182, no. 12, pp. 10–12. (In Russ.).
19. Aksenova T.I., Anan'ev V.V., and Dvoret'skaya N.M. *Tekhnologiya upakovochnogo proizvodstva* [Packaging technology]. Moscow: Kolos Publ., 2002. 184 p. (In Russ.).
20. Protsenko I.O., Larionov V.G., and Fal'ko D.S. Tara i upakovka. Put' k potrebitelyu [Packaging: path to the consumer]. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 2000, vol. 8, no. 8, pp. 51–54. (In Russ.).
21. *Tekhnicheskiiy reglament tamozhennogo soyuza TR TS 005/2011 "O bezopasnosti upakovki"* [The Recommended Practice of the Customs Union No. 005/2011 "On packaging safety"]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902299529/>. (accessed 19 September 2018).
22. Sukhareva L.A. and Yakovlev V.S. *Polimery v proizvodstve taroupakovochnykh materialov* [Polymers in the production of packaging materials]. Moscow: DeLi print Publ., 2005. 494 p. (In Russ.).
23. *Tekhnicheskiiy reglament tamozhennogo soyuza TR TS 033/2013 "O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii"* [The Recommended Practice of the Customs Union No. 033/2013 "On the safety of milk and dairy products"]. Available at: <https://docinfo.ru/tr-ts/tr-ts-033-2013/>. (accessed 19 September 2018).
24. Munam Z.S. Povyshenie kachestva upakovki molochnoy produktsii Iraka [Improving the quality of packaging of dairy products in Iraq]. *Bioeconomy and Ecobiopolitic*, 2016, vol. 2, no. 1, pp. 44–48. (In Russ.).
25. Kovalenko O., Krylova V., Abramova L., and Platonova N. The packaging of the next generation. *Plastiks*, 2012, vol. 111, no. 5, pp. 30–34. (In Russ.).
26. Minasyan T. In trend – easy transparency. Review of the Russian Packaging Market. *Russian Food & Drinks Market Magazine*, 2016, no. 4, pp. 41–45. (In Russ.).


**Мазеева Ирина Александровна**

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: [milk@kemsu.ru](mailto:milk@kemsu.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-1836-0632>

**Irina A. Maseeva**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Technology of Food of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: [milk@kemsu.ru](mailto:milk@kemsu.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-1836-0632>

**Короткий Игорь Алексеевич**

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой теплохладотехники, директор Института электронных образовательных коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-49, e-mail: txtkemtipp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

**Igor A. Korotkiy**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department Heat Technology, Director of «InEEC», Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 39-68-49, e-mail: txtkemtipp@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

**Плотников Игорь Борисович**

канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: kafedra.mats@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

**Igor B. Plotnikov**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Machines and Apparatus for Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: kafedra.mats@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>