

**АНАЛИЗ ДОЗАТОРОВ ПОТОКА НЕОДНОРОДНЫХ СЫПУЧИХ СРЕД**

**THE ANALYSIS OF FLOW MEASURING HOPPERS FOR HETEROGENEOUS LOOSE MEDIA**

**Ключевые слова:** дозатор, оценка, эффективность, поток, неоднородная среда, сыпучие продукты, точность дозирования.

Выполнен технический анализ устройств механической загрузки (называемых иногда – питатели) и дозаторов, которые используются в различных технологических процессах как сельскохозяйственного, так и в других областях, в том числе горнорудной и строительного производства. Загрузчики (питатели) принято классифицировать по конструктивному признаку на две группы: конвейерного типа и не относящиеся к конвейерам. Дозаторы применяют для дозирования твердых сыпучих материалов, реже – жидкостных вязких суспензий. По способу дозирования они делятся по типу на объемные и весовые дозаторы. Объемные дозаторы не обеспечивают достаточной точности дозирования. Весовые автоматические дозаторы имеют в своем составе датчик контроля массы, автоматическую подачу материала и систему автоматического управления расходом массы. По принципу действия они могут быть гравитационными и с принудительной подачей сред конвейерами или насосами. Расход сред, снижение потерь продуктов, простота использования в автоматизированных системах управления промышленными установками позволяют улучшать качество технологических процессов и условия труда. В работе рассмотрен и ковшовый загрузчик-дозатор, который относится к объемным дозаторам, не имеющим аналогов среди конвейерных загрузчиков. Он позволяет решить проблему адресной подачи порций сыпучих сред и продук-

тов, что повышает надежность устройства при его герметичности.

**Keywords:** measuring hopper, evaluation, efficiency, flow, heterogeneous medium, loose products, dosing accuracy.

This study deals with the analysis of mechanical feeders and batchers that find application in various technological processes and industrial fields. Feeders are usually classified according to their design features into two groups: conveyor-type feeders and non-conveyor feeders. Batchers are used to batch solid bulk materials. Less frequently they are used for liquids. In terms of a batching method, they are divided into volumetric and weighting batchers. Weighting batchers do not ensure sufficient batching accuracy. Automatic weighting batchers include a weight control sensor, and the systems for automatic material feeding and automatic material discharge control. In terms of operating principle, batchers are divided into gravity batchers and batchers with forced feed of material using conveyors and pumps. Improved consumption of raw materials, decreased loss of materials, easy handling in automatic control systems of industrial facilities allows increasing the quality of technological processes and improving labor conditions. The batch feeder proposed by the authors is a volumetric batcher that has no comparable counterparts among conveyor-type feeders and allows solving the problem of targeted feeding of bulk material batches increasing reliability and the airtightness of the device.

**Деева Вера Степановна**, к.т.н., доцент, Институт природных ресурсов, Томский политехнический университет. E-mail: veradee@mail.ru.

**Романишин Александр Ефимович**, к.т.н., доцент, Житомирский национальный агроэкологический университет, Украина. E-mail: ROE@yandex.ua.

**Слободян Степан Михайлович**, д.т.н., проф., Институт природных ресурсов, Томский политехнический университет. E-mail: sms\_46@ngs.ru.

**Deyeva Vera Stepanovna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Institute of Natural Resources, Natl. Research Tomsk Polytechnic University. E-mail: veradee@mail.ru.

**Romanishin Aleksandr Yefimovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Zhitomir National Agroecological University, Ukraine. E-mail: ROE@yandex.ua.

**Slobodyan Stepan Mikhaylovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Institute of Natural Resources, Natl. Research Tomsk Polytechnic University. E-mail: sms\_46@ngs.ru.

**Введение**

Процессы динамического перемещения, смешивания и дозирования упругих, вязких и пылевидных сыпучих сред являются основой многих технологических операций, выполняемых обширной номенклатурой оборудования современного агропромышленного, пищевого, строительного, горно-металлургического и многих других производств [1-23]. Принятие оптимальных решений для устойчивости ста-

бильности параметров и точности дозирования гранулированных, пылеподобных, малых и крупных фракций помола, а также мало- и крупноразмерных плодов и овощей при априорном отсутствии данных о свойстве сыпучей среды позволяет повысить эффективность применяемой технологии и безопасность производства. Поэтому понятна значимость устройств динамического (в потоке движения среды) дозирования, качество ко-

тогого сильно влияет на последующие процессы выработки продукции и приобретаемых при этом ее свойств.

В настоящее время в сельскохозяйственной, пищевой, строительной и горно-промышленной технике используется большое множество типов загрузчиков (часто называемых питателями) и дозаторов, которые используются в различных технологических операциях указанных выше производств [5-22]. При этом вполне естественно, что из-за влияния особенностей и существенных различий этих отраслей экономики существует множество терминов и определений разных конструкций, одинакового назначения устройств (питателей, дозаторов), осуществляющих дозированную загрузку тех или иных сред (продуктов, плодов, овощей, материалов и т.п.).

#### **Классификация питателей и дозаторов.**

Примем, исключительно для обобщения принципов действия, за основу два термина для устройств загрузки сельскохозяйственной продукции.

Питатель – это устройство для равномерной и регулируемой подачи насыпных и штучных продуктов из бункеров, лотков, магазинов и других приспособлений загрузки транспортирующих и перерабатывающих машин (станки, мельницы и т.п.) [7-9].

Дозатором называют устройство для автоматического отмеривания (выполнения операции разделения потока на отдельные дозы) заданных величин массы или объема жидких продуктов, вязких суспензий, дискретной, гранулированной, сыпучей и пылевидной консистенции сельскохозяйственных, пищевых и других продуктов и сред. Дозаторы применяют как в агропромышленном и пищевом производстве, так и в строительной, металлургической, фармацевтической, химической и других отраслях экономики, на железнодорожном, морском и речном транспорте, в лабораторной практике и торговле [7-9].

Принятые выше трактовки этих двух понятий питателей и дозаторов, по нашему мнению, наиболее полно раскрывают сущность их принципа действия и назначения.

Питатели можно разделить конструктивно на две группы [7-23]:

1. Устройства аналогичные типам конвейеров, но в отличие от них имеющие меньшую длину и повышенную мощность двигателя привода. Различают следующие виды питателей в этой группе:

– ленточные, предназначены для равномерной подачи сухих сыпучих сред с насыпным весом до  $2,8 \text{ т/м}^3$  в машины и транспортирующие устройства [10]. Применяются на предприятиях сельского хозяйства, в горной, металлургической промышленности; на линиях по выпуску сухих строительных смесей и т.п. В ленточных питателях подачу сред

осуществляет лента, приводимая в движение электродвигателем через цепную передачу или редуктор. Движущаяся лента, доставляющая среду к транспортирующим или перерабатывающим машинам, располагается под бункером, из которого сыплется продукт. Количество продукта, подаваемое питателем, регулируется специальной заслонкой, а также скоростью движения ленты;

– пластинчатые, предназначены для транспортировки и равномерной подачи сыпучих сред сельскохозяйственного и горно-обогатительного производства из одной емкости (бункера, воронки) в другие емкости, в рабочие машины или на склады [11]. Полотно питателя, как правило, представляет собой стальную шарнирную конструкцию, являющуюся составной частью транспортера для подачи сыпучей среды;

– винтовые (шнековые), представляют собой трубу или желоб, в которой размещен рабочий орган – шнек-винт. Вращающийся стержень, помещенный в горизонтальный или наклонный желоб, перемещает сыпучий, зерновой или мелкокусковой продукт вдоль желоба [12]. Регулировка производительности осуществляется изменением скорости вращения шнека. Шнековые питатели предназначены в основном для непрерывной и равномерной подачи сыпучего материала. Область применения – комплектование промышленных установок и технологических линий с заданной дозировкой продукта и материала;

– качающиеся – машины непрерывного транспортирования, рабочим органом которой является лоток, совершающий возвратно-поступательные движения [13]. Они предназначены для равномерной подачи нелипких, сыпучих материалов из бункеров, воронок и других емкостей в технологические машины или транспортирующие устройства;

– вибрационные, предназначены для равномерной подачи нелипких, сыпучих продуктов в установки под бункерами на горизонтальных участках продуктопроводов в качестве загрузочных устройств или дозаторов [14, 15]. Доставка продукта по рабочему органу, который является круглой трубой, происходит за счет ее колебательных вибродвижений.

2. Устройства, не имеющие прототипа среди конвейеров. К ним относятся:

– барабанные питатели для подачи хорошо сыпучих, зернистых и мелкокусковых и крупнокусковых грузов. Для подачи хорошо сыпучих, зернистых и мелкокусковых продуктов питатели имеют внутреннюю гладкую поверхность барабана; для подачи крупнокусковых продуктов – ребристую поверхность;

– дисковые питатели применяются для сыпучих грузов. Дисковые питатели снабжены

загрузочным устройством, из которого груз попадает на вращающийся вокруг вертикальной оси диск и сбрасывается с него неподвижно закрепленным скребком. Скорость вращения диска выбирается такой, чтобы сбрасывание груза не происходило под действием центробежной силы;

– цепные питатели, применяемые для крупнокусковых грузов, имеют так называемый цепной занавес, перекрывающий выпускное отверстие бункера [16]. При вращении приводного барабана цепи прижимают к лотку слой груза, регулируя скорость его скольжения;

– пневматические винтовые (каньон-насосы), применяют для подачи сыпучих и пылящих материалов [17]. От обычных винтовых шнековых питателей они отличаются тем, что на их выходе среда захватывается и транспортируется струей воздуха (аэродинамический принцип действия).

Классификация питателей-загрузчиков приведена в таблице.

Таблица

**Классификация питателей-загрузчиков**

Питатели	
конвейерного типа	не имеющие прототипов среди конвейеров
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ленточные питатели;</li> <li>- пластинчатые питатели;</li> <li>- винтовые (шнековые) питатели;</li> <li>- качающиеся питатели;</li> <li>- вибрационные питатели</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- барабанные питатели;</li> <li>- дисковые питатели;</li> <li>- цепные питатели;</li> <li>- пневматические винтовые питатели</li> </ul>

Производительность всех питателей-загрузчиков зависит от изменения скорости их рабочего органа и размера выпускной щели бункера; в вибрационных питателях – дополнительно от изменения частоты и амплитуды колебаний.

Дозаторы можно разделить по способу дозирования на две группы:

а) объемные дозаторы, применяют для дозирования газов, жидкостей, вязких сред, паст, реже твердых сыпучих материалов [18, 19]. Размеры доз – от долей см<sup>3</sup> до сотен (тысяч для газов) м<sup>3</sup>; производительность – от см<sup>3</sup>/ч до тыс. м<sup>3</sup>/ч (для газов десятков тысяч). Эти дозаторы просты по конструкции, достаточно надёжны;

б) весовые дозаторы, применяют для дозирования твердых сыпучих материалов, реже – жидкостей [9, 20, 21]. Дозы – от единиц г до сотен кг; производительность – от сотен кг/ч до сотен десятков т/ч.

В зависимости от требований технологического процесса можно выделить однокомпонентные дозаторы для порционного и непрерывного дозирования среды одного продукта или многокомпонентные дозаторы – для порционного и непрерывного дозирования нескольких сыпучих сред или жидкостей. В

многокомпонентных процесс дозирования можно осуществить с автоматическим поддержанием соотношения компонентов или вести коррекцию смеси по заданной программе. Дозаторы дискретного действия имеют чаще конструкцию бункерного типа, а дозаторы непрерывного действия – бункерного и ленточного.

Наиболее простые объёмные дозаторы не дают достаточной точности; сложные и точные технологические процессы, как правило, ведутся с использованием весовых дозаторов. Весовые автоматические дозаторы представляют собой комплекс, состоящий из датчика контроля массы, машины-автомата для подачи среды и системы автоматического управления дозой или расходом массы. По принципу действия дозаторы могут быть гравитационными (воронки) без принудительной подачи и с принудительной подачей продукта – ленточными, винтовыми, тарельчатыми конвейерами или плунжерными, шестерёнчатыми и другими насосами.

**Заключение**

Дозаторы позволяют экономично расходовать сырьё, сократить потери продуктов, расширить поточное производство, исключить многие трудоёмкие процессы, а также улучшить условия труда. Практически все питатели одновременно выполняют функцию дозаторов и, наоборот, поэтому при разработке оборудования необходимо стремиться к объединению этих двух функций.

При работе с продуктами, неоднородными по гранулометрическому составу, возникает метрологическая сложность, заключающаяся в том, что наряду с крупными фрагментами размером порядка десятка мм в смеси присутствуют более мелкие частицы размером в несколько мкм.

В некоторых случаях следует учитывать специфику производств, в которых весьма проблематично использовать весовые датчики. Этот фактор исключает применение весовых дозаторов. Тогда возникает необходимость создания дозаторов ковшевого типа. Устройства ковшевого типа можно отнести к объёмным дозаторам, не имеющим аналогов среди конвейерных питателей. Их производительность зависит от скорости движения ковша и его частоты следования. В практических испытаниях такого дозатора с производительностью до 5 кг среднее значение точности дозирования составляет +5% (при доверительной вероятности 0,95).

Использование устройств ковшевого типа позволяет повысить точность дозирования смеси сыпучих материалов объёмным методом, содержащей мелкие и крупные частицы. Более того, представляется возможной адресная подача заданных единичных порций

сыпучей среды без предварительной разгрузки в это же место других порций продукта. Кроме того, предотвращаются заклинивание рабочего органа в корпусе дозатора и загрязнение дозируемой среды частицами износа материала корпуса и рабочего органа при его вращении, чего невозможно достичь в питателях конвейерного типа без существенного усложнения конструкции и увеличения габаритов. Кроме того, ковшовый дозатор может быть герметичным без усложнения конструкции, чего нельзя сделать в других дозаторах, не имеющих прототипов среди конвейеров.

#### Библиографический список

1. Чарыков В.И., Митюнин А.А., Евдокимов А.А. Механизмы разделения сыпучих продуктов сельскохозяйственного назначения на магнитную и немагнитную фракцию в сепараторе с наклонной рабочей зоной // Вестник АГАУ. – 2013. – № 11. – С. 94-98.
2. Авдохин В.М. Технология обогащения полезных ископаемых. – М.: МГГУ, 2008. – 320 с.
3. Lisnianski A., Levitin G. Multi-state system reliability. Assessment, optimization, applications. – London: World Scientific, 2003. – 376 p.
4. Деева В.С., Слободян С.М. Физическая модель пространства скользящего взаимодействия сред // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – № 1/1 (77). – С. 157-161.
5. Слободян С.М., Куц В.П. Совершенствование ступенчатых систем пылевой и аэрозольной очистки выбросов // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 8. – С. 55-59.
6. Куц В.П., Слободян С.М. Оценка улавливания пыли составной системой // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (113). – С. 54-58.
7. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
8. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
9. Весовое дозирование зернистых материалов / С.В. Першина, А.В. Каталымов, В.Г. Однолько. – М.: Машиностроение, 2009. – 324 с.
10. Питатель ленточный. Патент РФ № 63449 / Самохвалов В.К., Кобыш О.Н., Бодло Н.В., Пироженко П.П.
11. Пластинчатый питатель тяжелого типа: Патент РФ 2518496 / Тарасов Ю.Д.; заявл. 11.04.2013; опубл. 10.06.2014.
12. Бункер-питатель со шнековой выгрузкой для порошков, склонных к сводообразованию: Патент РФ 2483999 / Демиден-

ко А.А., Ромадин В.И., Зятиков П.Н.; заявл. 20.07.2011; опубл. 10.06.2013.

13. Лотковый питатель: Патент РФ 2518761 / Тарасов Ю.Д.; заявл. 22.03.2013; опубл. 10.06.2014.

14. Лотковый вибрационный электромагнитный питатель. Патент РФ 137174 / Шаров С.А., Бреусенко О.В., Плешаков Ю.А.

15. Вибрационный питатель. Патент РФ 2491212 / Башкиров Г.М., Кольшкин К.И., Клоков А.Н., Пасюк А.В.; заявл. 04.05.2012; опубл. 27.08.2013.

16. Цепной питатель. Патент РФ 2466079 / Тарасов Ю.Д.; заявл. 12.05.2011; опубл. 10.11.2012.

17. Лопастной пневматический питатель. Патент РФ 2248703 / Шинаков В.Г., Лялин А.В., Травников Е.П., Виноградов В.Н.; заявл. 21.07.2003; опубл. 27.03.2005.

18. Объемный дозатор сыпучего вещества. Патент РФ 100614 / Никитенко Г.В., Капустин И.В., Жаворонков П.В.

19. Объемный дозатор. Патент РФ 2133944 / Архангельский В.Ю., Джангирян В.Г., Вареных Н.М.

20. Весовой дозатор дискретного действия для порошкообразных материалов. Патент РФ 2485450 / Гаранин Л.П., Замахаев Ю.В., Ковтун В.Е., Теплыгин А.В.; заявл. 10.01.2012; опубл. 20.06.2013.

21. Весовой дозатор. Патент РФ № 141297 / Санников А.Г., Стрелецкий А.Н.

22. Устройство для дозированного наполнения тары продуктами. Патент № 1708695 / Малых В.А. / № 4 920 757/13; заявл. 21.03.91; опубл. Бюл. 23, 1993.

23. Гухман А.А. Введение в теорию подобию. – М.: Высшая школа, 1973. – 296 с.

#### References

1. Charykov V.I., Mityunin A.A., Evdokimov A.A. Mekhanizmy razdeleniya syupchikh produktov sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya na magnitnyuyu i nemagnitnyuyu fraktsiyu v separatore s naklonnoy rabochei zonoj // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 11. – S. 94-98.
2. Avdokhin V.M. Tekhnologiya obogashcheniya poleznykh iskopaemykh. – M.: MGGU, 2008. – 320 s.
3. Lisnianski A., Levitin G. Multi-state system reliability. Assessment, optimization, applications. – London: World Scientific, 2003. – 376 p.
4. Deeva V.S., Slobodyan S.M. Fizicheskaya model' prostranstva skol'zyashchego vzaimodeistviya sred // Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 1/1 (77). – S. 157-161.
5. Slobodyan S.M., Kuts V.P. Sovershenstvovanie stupenchatykh sistem pylevoi i

aerazol'noi ochistki vybrosov // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2014. – № 8. – S. 55-59.

6. Kuts V.P., Slobodyan S.M. Otsenka ulavlivaniya pyli sostavnoi sistemoi // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 3 (113). – S. 54-58.

7. Grigor'ev, A.M. Vintovye konveiry. – M.: Mashinostroenie, 1972. – 184 s.

8. Спивakovskii A.O., D'yachkov B.K. Transportiruyushchie mashiny. – M.: Mashinostroenie, 1983. – 487 s.

9. Vesovoe dozirovanie zernistyykh materialov / Pershina S.V., Katalymov A.V., Odol'ko V.G. – M.: Mashinostroenie, 2009. – 324 s.

10. Pitatel' lentochnyi. Patent RF № 63449 / Samokhvalov V.K., Kobyshev O.N., Bodlo N.V., Pirozhenko P.P.

11. Plastinchatyi pitatel' tyazhelogo tipa: Patent RF 2518496 / Tarasov Yu.D.; zayavl. 11.04.2013; publ. 10.06.2014.

12. Bunker-pitatel' so shnekovoi vygruzkoi dlya poroshkov, sklonnykh k svodoobrazovaniyu: Patent RF 2483999 / Demidenko A.A., Romadin V.I., Zyatikov P.N.; zayavl. 20.07.2011; publ. 10.06.2013.

13. Lotkovyi pitatel': Patent RF 2518761 / Tarasov Yu.D.; zayavl. 22.03.2013; publ. 10.06.2014.

14. Lotkovyi vibratsionnyi elektromagnitnyi pitatel'. Patent RF 137174 / Sharov S.A., Breusenko O.V., Pleshakov Yu.A.

15. Vibratsionnyi pitatel'. Patent RF 2491212 / Bashkirov G.M., Kolyshkin K.I., Klokov A.N., Pasyuk A.V.; zayavl. 04.05.2012; publ. 27.08.2013.

16. Tsepoi pitatel'. Patent RF 2466079 / Tarasov Yu.D.; zayavl. 12.05.2011; publ. 10.11.2012.

17. Lopastnoi pnevmaticheskii pitatel'. Patent RF 2248703 / Shinakov V.G., Lyalin A.V., Travnikov E.P., Vinogradov V.N.; zayavl. 21.07.2003; publ. 27.03.2005.

18. Ob'emnyi dozator sypuchego veshchestva. Patent RF 100614 / Nikitenko G.V., Kapustin I.V., Zhavoronkov P.V.

19. Ob'emnyi dozator. Patent RF 2133944 / Arkhangel'skii V.Yu., Dzhangiryan V.G., Varennykh N.M.

20. Vesovoi dozator diskretnogo deistviya dlya poroshkoobraznykh materialov. Patent RF 2485450 / Garanin L.P., Zamakhaev Yu.V., Kovtun V.E., Teplygin A.V.; zayavl. 10.01.2012; publ. 20.06.2013.

21. Vesovoi dozator. Patent RF № 141297 / Sannikov A.G., Streletskii A.N.

22. Ustroistvo dlya dozirovannogo napolneniya tary produktami. Patent № 1708695 / Malykh V.A. / № 4 920 757/13; zayavl. 21.03.91; opubl. Byul. 23, 1993.

23. Gukhman A.A. Vvedenie v teoriyu podobiya. – M.: Vysshaya shkola, 1973. – 296 s.



УДК 338:22 338:27

О.З. Енгоян  
O.Z. Yengoyan

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЮ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ)

### THE SYSTEM APPROACH TO POWER SUPPLY IN MOUNTAIN REGIONS (CASE STUDY OF THE REPUBLIC OF ALTAI)

**Ключевые слова:** региональная социально-экономическая система, системный подход, энергообеспечение, социальная, экономическая, экологическая безопасность, автономные источники энергоснабжения, хозяйственная емкость территории, горные регионы.

Освещены региональные проблемы, возникающие при решении задач организации рационального, неистощительного природопользования в условиях горных территорий. Исследована зависимость развития ведущих отраслей региона и их инфраструктурное обеспечение в части энергоснабжения. Представлен анализ динамики электробаланса Республики Алтай и индексов физического объема продукции сельского хозяйства и промышленных предприятий Республики Алтай. На

основании изучения полученных данных сделан вывод о значительном потенциале электропотребления (включая факторы энергосбережения, развития современных источников энергии, а также природосберегающие технологии). Внедрение технологий возобновляемой энергетики способствует формированию в социально-экономической системе самых различных мультипликативных эффектов: повышение занятости и платежеспособности населения, снижение антропогенной нагрузки на природные комплексы, в ряде случаев – приостановка роста себестоимости товарной продукции (в частности, в зависимости от цен на энергоносители для бензиновых и дизельных генераторов), повышение комфортности проживания и организации экономической деятельности населения, занимающегося формами