

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 631.362.3

В.Е. Зубков
V.Ye. Zubkov

О ПАРАМЕТРАХ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ БЛОКИРОВАННОГО ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ КАК СЕПАРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

SOLID PHASE PARAMETERS OF BLOCKED FLUIDIZED BED AS A SEPARATING SYSTEM

Ключевые слова: параметры, твердая фаза, блокированный псевдооживленный слой, корнеклубнеплоды, почвенные комки, камни.

Целью исследований является разработка простого, эффективного в работе, недорогого, универсального по корнеклубнеплодам сепаратора. В наибольшей степени этим требованиям, на наш взгляд, отвечает сепаратор, в котором в качестве сепарирующей системы используется блокированный псевдооживленный слой, состоящий из гибких нитей переменного сечения – гирлянд, закрепленных одними концами на решетке и продуваемых воздушным потоком в направлении от точек крепления на решетке к незакрепленным концам. В поднятом воздушным потоком слое гирлянд возникает перепад статического давления, как в жидкости при определенных геометрических параметрах твердой фазы БПС (гирлянд) и воздушного потока создаются условия для разделения клубней и примесей преимущественно по плотности. Непрерывный технологический процесс разделения компонентов можно осуществить на рабочем органе, к примеру, в виде барабана. Проведено исследование геометрических параметров БПС, предложены формулы для их расчета, которые могут быть использованы конструкторскими организациями при проектировании рабочих органов для сепарации картофеля и других корнеклубнеплодов. По результатам производственной проверки сепаратора установлены недостатки в конструкции основного элемента БПС – гирлянд. В частности, было установлено, что при механическом взаимодействии с компонентами вороха диски гирлянд в ряде случаев перемещались вдоль нити и даже сходили с нее, тем самым нарушая параметры твердой фазы БПС и, как следствие этого, снижая качество сепарации картофельного вороха. Кроме того, при взаимодействии гирлянд в связи с оплавлением зоны контакта диска и нити, гирлянды в процессе эксплуатации могут разрываться на части. Нами предложены изменения в технологии изготовления гирлянд, которые позволяют исключить недостатки в их конструкции, отмеченные в результате проверки.

Использование результатов исследований, приведенных в статье, существенно повысит надежность и качество технологического процесса.

Keywords: parameters, solid phase, blocked fluidized bed (BFB), root crops, clods, stones.

The developed simple separators are not sufficiently effective in operation. The application of an efficient but complex and expensive separator on a powerful harvesting machine is unpromising. The research goal is to develop a simple, efficient, inexpensive, and universal root separator. We consider the separator using a blocked fluidized bed (layer) (BFB) as a separating system to meet these requirements. Furthermore, the bed consists of flexible filaments of variable cross-section (strings) fixed at one end on the grid and blown by the air flow away from the fixation points on the grid toward unfixed ends. The differential static pressure occurs in the strings layer raised by the air flow. The conditions are provided for the separation of tubers and impurities mainly in density as in a fluid at certain geometric parameters of the solid phase BFB (strings) and the air flow. Continuous technological process of the components separation is possible in an operating part, for example, in a drum. The research of geometric parameters of BFB is carried out, formulas for their calculation used by developing agencies when designing operating parts for the separation of potatoes and other root-crops are given. The disadvantages in the design of the main element of BFB – strings are found according to the results of separator production test. It is found the strings' disks move along filaments and run off breaking parameters of the solid phase of BFB as a result reducing quality of the potato heap separation when mechanical interaction. Besides, the strings may tear to pieces in operating process when their interaction because of fusion of contact zone between disk and filament. The changes in the production technology of strings enabling to prevent design defects pointed in the test result are proposed. The application of the research results shown in the paper will greatly increase reliability and quality of the technological process.

Зубков Виктор Егорович, д.т.н., проф., зав. каф. безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты, Луганский национальный университет им. Тараса Шевченко, г. Луганск. E-mail: zubkov-viktor@mail.ru.

Zubkov Viktor Yegorovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Life and Labor Safety and Civil Protection, Lugansk National University named after Taras Shevchenko, Lugansk. E-mail: zubkov-viktor@mail.ru.

Введение

В производстве картофеля главнейшей задачей является получение чистого продукта, не имеющего существенных повреждений. В зависимости от почвенно-климатических условий, складывающихся в период уборки в ворох картофеля попадает такое количество почвенных комков и камней, что для отделения их от клубней картофеля приходится использовать от четырех до шести рабочих-переборщиков, которые трудятся в тяжелых условиях [1]. В настоящее время разработаны, продолжают разрабатываться [2-7] и эксплуатируются на мобильных уборочных машинах простые механические сепараторы, но они недостаточно эффективны по качеству работы. Применение эффективного, но сложного и дорогого сепаратора на комбайне не перспективно.

Цель исследования – создание простого, эффективного в работе, недорогого, универсального по корнеклубнеплодам сепаратора, разработка которого остается до сих пор актуальной задачей.

Описание объекта исследования

Предъявленным выше требованиям в наибольшей степени отвечают сепараторы, использующие в своем технологическом процессе различные сепарирующие среды, которые приспособляются к форме корнеклубнеплодов, что делает их универсальными. Это воздушный поток, среды промежуточной плотности: суспензии, псевдооживленный слой и другие. Наиболее перспективным, на наш взгляд, является новая сепарирующая среда – блокированный псевдооживленный слой (Б.П.С.) как модернизированный вариант обычного псевдооживленного слоя зернистого материала.

Б.П.С. состоит из гибких нитей переменного сечения (гирлянд), которые крепятся одними концами к воздухораспределительной решетке и продуваются воздушным потоком в направлении от решетки к незакрепленным концам гирлянд. Такая модернизация позволяет размещать Б.П.С. на решетчатых транспортерах различной формы – барабанных, ленточных и других. Сама же гирлянда состоит из гибкой нити, на которой с определенным шагом размещены круглые диски.

В поднятом воздушным потоком слое гирлянд возникает перепад статического давления, как в жидкости. При определенных геометрических параметрах твердой фазы БПС (гирлянд) и воздушного потока создаются условия для разделения клубней и примесей преимущественно по плотности. Технологический процесс разделения компонентов можно осуществить по следующей схеме (рис. 1).

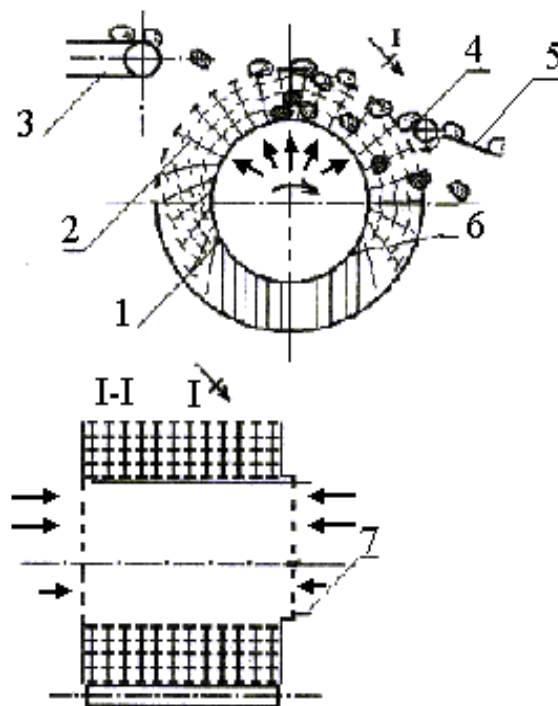


Рис. 1. Схема устройства для отделения клубней картофеля от примесей с БПС, размещенным на внешней поверхности барабана: 1 – цилиндрическая воздухораспределительная решетка; 2 – гирлянда; 3 – подающий транспортер; 4 – снимающий ролик; 5 – скат; 6 – экран; 7 – воздушная камера

Сепарирующий рабочий орган устроен следующим образом (рис. 1). Решетчатый цилиндр свободно посажен на воздушную камеру, имеющую форму трубы с вырезанным в ней окном для выхода воздуха к решетчатому цилиндру. Сплошная часть трубы, расположенная под цилиндром, является экраном, предотвращающим расход воздуха через нерабочую часть БПС.

БПС образован гирляндами, прикрепленными к решетчатому цилиндру: каждая гирлянда заканчивается втулкой, которой

она надета на одну из осей, закрепленных поверх цилиндра вдоль его образующей. Эти оси вместе с нанизанными на них втулками гирлянд образуют поверхность решетки цилиндра вторую решетку – решетку крепления гирлянд.

Над нисходящей частью вращающегося БПС параллельно оси цилиндра установлен съемник, за которым расположен скат.

Процесс сепарации на рабочем органе происходит следующим образом. Смесь однослойным потоком подается на БПС с некоторой высотой. Все тела как тяжелого, так и легкого компонентов, имея некоторую радиальную начальную скорость, сначала погружаются в БПС. Достигнув более плотных горизонтов или при решетчатой области БПС, тела, в зависимости от их плотности, либо всплывают, либо остаются погруженными. Всплывающие тела легкого компонента (клубни) не просто достигают поверхности БПС, а выталкиваются из него так, что между нижней точкой и концами гирлянд образуется некоторое расстояние. Почвенные комки также движутся по направлению к поверхности БПС, но с гораздо меньшей скоростью и показываются на его поверхности позже клубней, то есть при большем угле поворота барабана. В результате, при правильном выборе места установки съемника клубни перескакивают через него и оказываются на скате, а комки и камни проходят под съемником.

Исследовательская часть

Для анализа результатов исследования БПС необходимо использовать обобщенную геометрическую характеристику его твердой фазы. Если в стандартном зернистом слое в качестве обобщенной характеристики используется порозность (ϵ), численно равная просвету (ϕ), причем они по высоте слоя могут считаться постоянными, то в структуре гирлянд, образованных из круглых дисков, это может быть только частным случаем. Порозность всей структуры и просвет в сечении, проходящем через ряд дисков в БПС, между собой никак не связаны. В БПС как порозность, так и просвет распределены по его высоте неравномерно, поэтому использование в качестве характеристик их средних значений неправомерно: две структуры с одинаковыми средними значениями порозности и просвета могут иметь различные геометрические строения, различные геометрические параметры и, следовательно, различные силовые характеристики воздействия на погруженные тела. Поэтому ни порозность, ни средний просвет в отдельности не могут быть приняты в качестве обобщающих геометрических характеристик БПС.

В качестве подтверждения этих доводов нами были аналитически определены порозность (ϵ) и просвет ϕ_0 нескольких геометрических вариантов БПС (рис. 2 а, в, с).

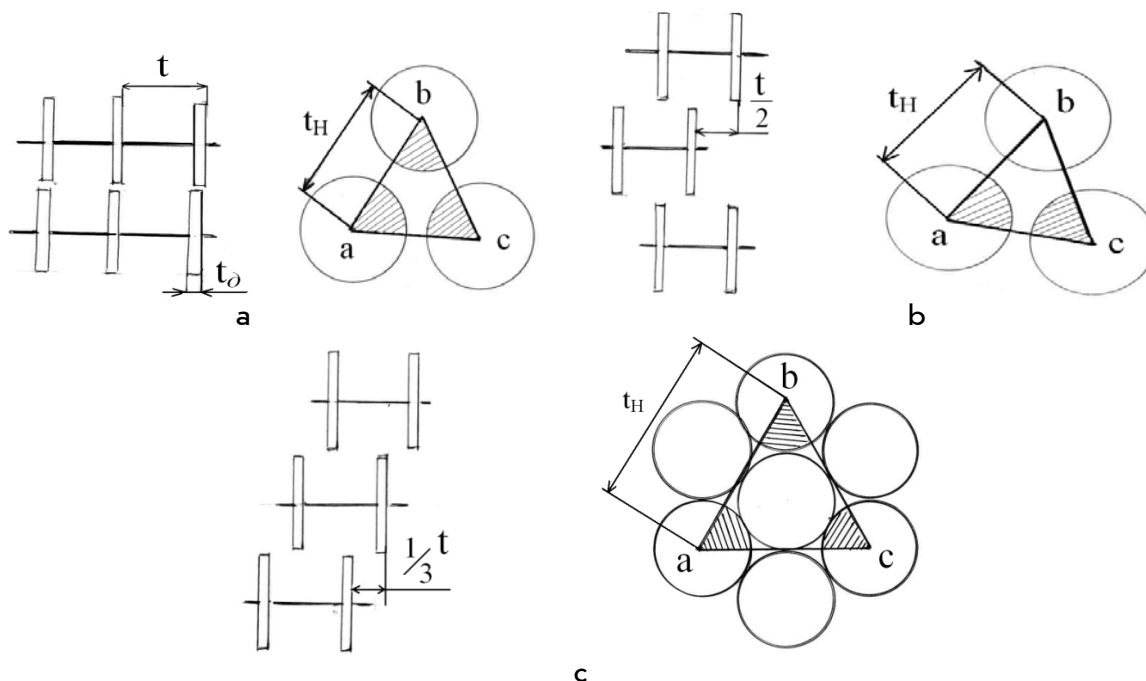


Рис. 2. Расчетные схемы геометрических характеристик БПС:
 а, в, с – схемы для определения порозности и просвета в БПС;
 t – шаг дисков на гирлянде; t_d – толщина диска;
 t_H – шаг дисков на решетке по точкам крепления

Порозность определялась по формуле

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{пр}} - \sum V_d}{V_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{пр}}$ – объем призмы с основанием abc; $\sum V_d$ – сумма объемов призм, с основанием секторов дисков, входящих в основание призмы abc.

Просвет определялся по формуле

$$\varphi = \frac{S_{\text{abc}} - \sum S_d}{S_{\text{abc}}}, \quad (2)$$

где S_{abc} – площадь призмы с основанием abc;

$\sum S_d$ – площадь секторов дисков, входящих в основание призмы abc.

Результаты расчетов сведены в таблицу.

Таблица

Геометрические характеристики БПС

	Схемы расположения дисков в БПС		
	вариант а	вариант б	вариант с
φ_0	0,1	0,4	0,7
ε	0,82	0,82	0,82

Как следует из представленных в таблице результатов, несмотря на различие в геометрической структуре анализируемых вариантов БПС, величина порозности во всех вариантах оказалась постоянной, хотя величины просвета (φ) и шага дисков (t) по длине гирлянды были различными. Но различные геометрические структуры БПС будут иметь и различные силовые характеристики воздействия на погруженные тела по его высоте. Поэтому в дальнейших исследованиях в качестве параметров геометрической характеристики БПС использовались просвет (φ) и шаг дисков (t).

Для БПС, состоящего из гирлянд одной формы, просвет φ_0 в ярусе дисков, если не учитывать частичное перекрытие дисков отдельных гирлянд, определится по выражению:

$$\phi_0 = \frac{f_0}{F} = \frac{F - f_d}{F} = 1 - \frac{f_d}{F}, \quad (3)$$

где F – площадь решетки, приходящаяся на одну гирлянду;

f_d – площадь проекции диска на воздухораспределительную решетку;

f_0 – площадь просвета в ярусе дисков, приходящаяся на одну гирлянду.

Для определения количества дисков n в единице объема БПС воспользуемся схемой (рис. 3).

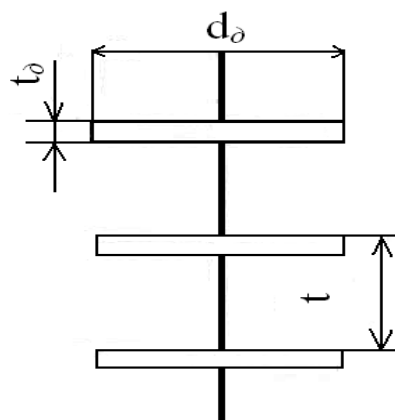


Рис. 3. Расчетная схема для определения количества дисков в единице объема БПС: t – шаг дисков на гирлянде; d_d – диаметр диска; t_d – толщина диска

Количество дисков в БПС на площади S в пределах одного шага t определяется из выражения.

$$n' = \frac{(1 - \varphi_0) 4 S'}{\pi d_d^2}, \quad (4)$$

где φ_0 – относительный просвет в ярусе дисков;

$(1 - \varphi_0)$ – доля сечения БПС в плоскости расположения дисков, занятая дисками;

d_d – диаметр диска

$$\frac{\pi d_d^2}{4}$$

– площадь проекции диска на решетку $S' = 1 \text{ м}^2$.

Составим пропорцию:

количество гирлянд- n' – в пределах шага t ;

количество гирлянд в единице объема БПС- n – в пределах 1 м, откуда

$$n = \frac{n' \cdot 1}{t}, \quad (5)$$

Подставив формулу (5) в выражение (4) после преобразований, получим

$$n = \frac{4(1 - \varphi_0)}{\pi d_d^2 t}, \quad (6)$$

где d_d – диаметр диска;

t – шаг расположения дисков в гирлянде;

φ_0 – минимальный просвет в сечении слоя перпендикулярно воздушному потоку.

Уточнение параметров твердой фазы БПС (гирлянд). В процессе производственной проверки сепаратора было установлено, что при механическом взаимодействии с компонентами вороха диски гирлянд в

ряде случаев могут перемещаться вдоль нити и даже сходить с нее, тем самым нарушая параметры твердой фазы БПС и, как следствие этого, снижая качество сепарации картофельного вороха.

В процессе изготовления гирлянд, в виду оплавления зоны контакта диска и нити, гирлянды в процессе эксплуатации могут разрываться на части.

Для исключения этих недостатков нами предлагается усовершенствованная технология изготовления гирлянд. Укладку нитей в пресс-форму для отливки гирлянд производить так, чтобы нить входила в пространство пресс-формы, где будет отливаться диск (рис. 4).

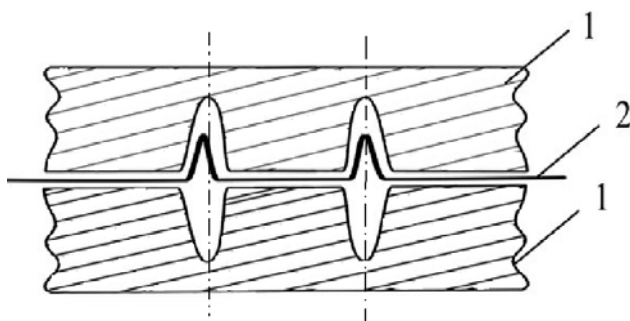


Рис. 4. Способ укладки гибкой нити (2) в пресс-форму (1) перед заливкой расплавленного полимерного материала

Таким образом, будет исключено перемещение дисков по нити. Для того, чтобы не происходило оплавление нити в зоне контакта с диском, предлагается использовать нити из тугоплавких материалов, температура плавления которых значительно выше температуры плавления материала дисков. Нами также было выполнено обоснование соотношения шага дисков на гирлянде, толщины дисков и их диаметров с точки зрения максимального взаимопроникновения гирлянд или максимальной вместимости БПС по разделяемым компонентам, а также отсутствия взаимного спутывания гирлянд. Для обеспечения полного взаимопроникновения гирлянд промежутки между дисками в них должны составлять не менее шести толщин дисков при треугольной схеме расположения гирлянд в плане и не менее трех толщин при квадратной. Ввиду подвижности гирлянд в процессе работы гирлянды в плане будут размещаться между треугольной и квадратной схемой, поэтому шаг дисков на гирлянде будет определяться уз условия

$$6t_{\delta} > t > 3t_{\delta}, \quad (7)$$

где t – шаг дисков по гирлянде;

t_{δ} – толщина диска.

Приняв из технологических соображений толщину диска, равную $t_{\delta}=1,5$ мм, получим $9 \text{ мм} > t > 4,5 \text{ мм}$

С точки зрения отсутствия взаимного спутывания гирлянд шаг дисков должен быть меньше их диаметров, т.е. $t < d_{\delta}$.

Приняв диаметр дисков равным $d_{\delta}=8$ мм, шаг дисков можно принять исходя из условия (7), равного $t=7$ мм.

Выводы

1. Обоснован ряд параметров твердой фазы заблокированного псевдооживленного слоя как среды для сепарации корнеплодов.

2. Использование полученных параметров при проектировании рабочих органов для сепарации корнеклубнеплодов существенно повысит надежность и качество технического процесса.

Библиографический список

1. Зубков В.Е. Совершенствование процесса сепарации корнеклубнеплодов: дис. ... докт. техн. наук. – Луганск, 2010.

2. Пат. на полезную модель № 161769 А01Д 33/08.2015 г. / Шпирун Ю.Д., Матюшев В.В., Чаплыгин И.А. Устройство для сухой очистки корнеклубнеплодов.

3. Матюшев В.В., Шпирун Ю.Д. Повышение эффективности сухой очистки корнеклубнеплодов путем обоснования параметров рабочих органов машины // Вестник КрасГАУ: сб. науч. ст. / Красноярский гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – Вып. № 10. – С. 46-50.

4. Камалетдинов Р.Р. Барабанный отделитель клубней картофеля от почвенных комков с внутренней сепарирующей поверхностью // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. II Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. докт. техн. наук, проф. Н.С. Сергеева. – Челябинск: ЧГАА, 2012. – Ч. IV. – С. 102-106.

5. Сабирзянов И.Р., Камалетдинов Р.Р. Разработка конструкции и оптимизация параметров устройства для сепарации корнеклубнеплодов // Известия оренбургского государственного аграрного университета / Оренбургский государственный аграрный университет. – Оренбург, 2014. – Вып. 6 (50). – С. 72-74.

6. Фролов В.Ю., Бычков А.В. Совершенствование процесса сухой очистки корнеплодов шнековым сепаратором // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 101 (07). <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/142.pdf>.

7. Grimme AirSep the new separator for potato harvesters. youtube.com 10 ноября 2013 г.

References

1. Zubkov V.E. Sovershenstvovanie protsessa separatsii korneklubneplodov: dis. ... dokt. tekhn. nauk. – Lugansk, 2010.

2. Shpirun Yu.D., Matyushev V.V., Chaplygin I.A. Ustroystvo dlya sukhoy ochistki korneklubneplodov. Patent na poleznuyu model №161769 A01D 33/08.2015 g.

3. Matyushev V.V., Shpirun Yu.D. Povyshenie effektivnosti sukhoy ochistki korneklubneplodov putem obosnovaniya parametrov rabochikh organov mashiny. Prilozh. k Vestniku KrasGAU: Sb. nauch. st. Vypusk № 10. Krasnoyarskiy gos. agrar. univer. – Krasnoyarsk, 2015. – S. 46-50.

4. Kamaletdinov R.R. Barabannyi otdelitel klubney kartofelya ot pochvennykh komkov s vnutrenney separiruyushchey poverkhnostyu // Dostizheniya nauki — agropromyshlennomu proizvodstvu: mater. LI mezhdunarodnoy nauch.-tekhnich. konf. / pod red. dokt. tekhn. nauk, prof. N.S. Sergeeva. – Chelyabinsk: ChGAA, 2012. – Ch. IV. – S. 102-106.

5. Sabirzyanov I.R., Kamaletdinov R.R. Razrabotka konstruktсии i optimizatsiya parametrov ustroystva dlya separatsii korneklubneplodov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – Vyp. № 6 (50). – S. 72-74.

6. Frolov V.Yu., Bychkov A.V. Sovershenstvovanie protsessa sukhoy ochistki korneplodov shnekovym separatorom // Nauchnyy zhurnal KubGAU. – 2014. – № 101 (07). <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/142.pdf>.

7. Grimme AirSep the new separator for potato harvesters. youtube.com 10 noyabrya 2013 g.



УДК 621.43.031

Р.М. Баширов, Ф.Р. Сафин, Р.Ж. Магафуров
R.M. Bashirov, F.R. Safin, R.Zh. Magafurov

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ
 ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ**

IMPROVEMENT OF DIESEL ENGINE FUEL EQUIPMENT ADJUSTMENT TECHNIQUE

Ключевые слова: двигатель дизельный, аппаратура топливная, форсунка, стенд регулировочный, неравномерность, подача цикловая, впрыск топлива, устройство противодействия, аккумулятор гидравлический, способ регулирования.

Как показывает практика, в настоящее время тракторные дизели работают с большим перерасходом топлива, обусловленным высокой неравномерностью топливоподачи. Из литературных данных следует, что эффективным способом повышения равномерности топливоподачи является совершенствование регулировочных стенов топливной аппаратуры введением устройств, обеспечивающих противодействие впрыску, меняющемуся аналогично давлению газов в цилиндре дви-

гателя. Наиболее простая конструкция устройств достигается при использовании гидравлических аккумуляторов, при которых противодействие впрыску создается самим впрыскиваемым топливом. Закономерность нарастания давления в камере впрыска устройства, соответствующая к таковому в камере сгорания двигателя, может обеспечиваться проектированием их по предложенной методике, апробированной на примере дизеля Д-245.12. Суть методики – определение объема гидравлического аккумулятора на основе величины цикловой подачи и сжимаемости топлива. Для топливной аппаратуры конкретного регулируемого дизеля объем аккумулятора уточняется специально предусмотренным штоком-вытеснителем. Для наиболее распространенных тракторных дизелей этот объем должен состав-