

**КЛАССИФИКАЦИЯ КОРМОВЫХ МАСС ПРИМЕНИТЕЛЬНО  
К ИХ ГИДРОМЕХАНИКЕ**

Асадуллин Н.М.

**Реферат.** Современный этап развития сельскохозяйственного производства в животноводстве характеризуется широким применением трубопроводного транспорта для перемещения кормовых масс, которые относятся к неньютоновским жидкостям. Производственный опыт и научные работы по изучению гидротранспортных систем показал, что такой способ транспортирования наиболее экономичен и перспективен, отличается высокой надежностью конструктивных элементов, улучшает санитарно-гигиенические условия работы и дает возможность полностью автоматизировать процесс транспортирования. Сложный характер транспортирования смесей не позволил до настоящего времени создать единую теорию гидродинамического расчета их параметров, поэтому для теоретических исследований характера движения применяют разнообразные модели. Для выбора той или иной модели всегда важно правильно классифицировать вязкие полужидкие среды применительно к гидродинамике. Поэтому в статье не ставилась конкретная цель выбора метода изучения неньютоновских систем, а решалась задача их классификации по известным определяющим признакам. Предложенная классификация не претендует на исчерпывающую полноту с точки зрения физической и химической природы жидкости, особенно их сочетания, однако она охватывает почти все изученные аномальные явления, происходящие в жидкости при ее транспортировании и помогает выбору количественного метода расчета транспортирующей жидкости. В основу классификации, характеризующей неньютоновские жидкости применительно к их гидромеханике, положена кривая зависимости напряжения сдвига от градиента скорости сдвига. По этой зависимости и рассмотрен каждый вид жидкости. Разработанная классификационная схема в дальнейшем способствует более полному учету реологических свойств высоковязких жидкостей при транспортировании их по трубам и облегчает разработку количественных методов расчета.

**Ключевые слова:** жидкость, труба, классификация, реология, вязкость.

**Введение.** Современный этап развития сельскохозяйственного производства в животноводстве характеризуется широким применением трубопроводного транспорта для транспортирования кормовых масс, которые относятся к неньютоновским жидкостям [1,2,3,4,5].

Производственный опыт и научные работы по изучению гидротранспортных систем показал, что такой способ транспортирования наиболее экономичен и перспективен, отличается несложностью механизмов и высокой надежностью конструктивных элементов, улучшает санитарно-гигиенические условия работы и дает возможность полностью автоматизировать процесс транспортирования [6,7,8,9,10].

При транспортировании по трубопроводам простую жидкость или кормовую массу, которая обычно относится к ньютоновским жидкостям, принято рассматривать как обычную или нормальную, а жидкости с параметрами, отличающимися от обычных, как аномальными – или неньютоновскими [6, 11].

Сложный характер транспортирования смесей и многообразия их свойств не позволили до настоящего времени создать единую теорию гидродинамического расчета их параметров [5]. Поэтому для теоретических исследований характера движения применяют отдельные механические модели однофазных, такие как квазигомогенные, вязкопластические, степенные [5]. Для выбора той или иной модели всегда важно правильно классифицировать вязкие полужидкие среды применительно к гидродинамике неньютоновских

жидкостей [12,13].

**Анализ и обсуждения результатов исследования.** При транспортировании простую ньютоновскую жидкость принято рассматривать как нормальную, а жидкости с отклоняющимися от обычных характеристиками течения – как аномальные. Однако эти, так называемые, аномальные или неньютоновские жидкости, часто встречаются в природе. Они широко применяются в различных процессах химической, перерабатывающей и других отраслях народного хозяйства, в том числе и в сельском хозяйстве (различные сочетания кормовых и навозных масс). В основе гидромеханики неньютоновских жидкостей лежат законы упруговязкопластических деформаций и реологические свойства исследуемых сред [5].

Существует несколько различных подходов изучения неньютоновских сред. Например, определяют поведение жидкости, исходя из ее химических и физических свойств, созданием математической модели, или используя количественные методы расчета, основывающиеся на реальных характеристиках жидкостей. Для решения инженерных задач гидромеханики, на наш взгляд, предпочтительным является последний метод изучения жидкостей. Следует отметить, что в настоящее время наиболее простые типы неньютоновских жидкостей поддаются такому рассмотрению. [6].

В данной работе не ставится конкретная цель выбора метода изучения неньютоновских

систем, а решается задача их классификации по известным определяющим признакам. Существует различные классификации жидкостей по химическому, механическому, дисперсному составу, по физическим, химическим и реологическим свойствам, но не все они разработаны в одинаковой степени.

Для более полного учета реологических свойств высоковязких жидкостей при транспортировании их по трубам, облегчения разработки количественных методов расчета предлагается классификационная схема, приведенная на рисунке 1.

Анализ работ [14,15] показывает, что классификация существенно помогает решению поставленных задач. Предложенная классификация не претендует на исчерпывающую полноту с точки зрения физической и химической природы жидкости, особенно их сочетания, однако она охватывает почти все изученные аномальные явления, происходящие в жидкости при ее транспортировании и помогает выбору количественного метода расчета транспортирующей жидкости.

В основу построения классификационной схемы заложен следующий признак. Каждый раздел (прямоугольник) имеет свой индекс, справа от надписи, а слева от надписи проставлены индексы предыдущих разделов, с которыми имеется структурная связь.

Например,

A	1 2	Бингамовские пластики	11
B	3		

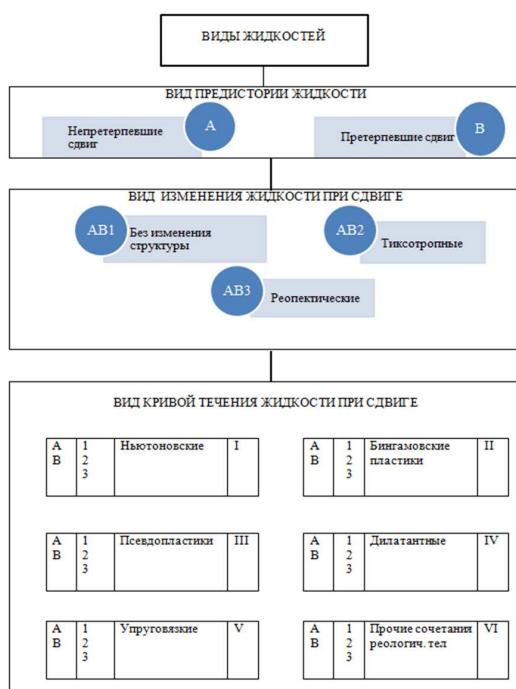


Рисунок 1 – Классификация кормовых и навозных полужидких сред применительно к гидромеханике неньютоновских жидкостей

Означает, что бингамовские пластики могут быть тиксотропными ( на что указывает цифра 2), реопектическими (чему соответствует цифра 3) или без изменения структуры при сдвиге (чему соответствует цифра 1). Типы жидкостей, определяющиеся цифрами 1,2 и 3, могут находиться как в досдвиговом ( на что указывает буква А), так и в послесдвиговом состояниях (чему соответствует буква В).

В основу классификации, характеризующей неньютоновские жидкости применительно к их гидромеханике, положена кривая течения – график зависимости напряжения сдвига от градиента скорости сдвига. По этой зависимости и рассмотрим каждый вид жидкости.

**1 группа. Ньютоновские жидкости**

Для любого течения ньютоновской жидкости она определяется законом Ньютона-Петрова [ 6 ].

$$\tau = \eta v, \tag{1}$$

где  $\tau$  – напряжение сдвига, Н/м<sup>2</sup>;

$\eta$  – коэффициент динамической вязкости, Па с;

$v$  – градиент скорости сдвига, 1/с.

График зависимости между напряжением и градиентом скорости сдвига для ньютоновской жидкости представляет прямую линию (рисунок 2, кривая А) с тангенсом угла наклона  $\eta$ , и эта единственная постоянная полностью характеризует жидкость.

Ньютоновское поведение, как правило, присуще жидкостям с небольшой молекулярной массой, в которых оно обуславливается столкновением небольших молекул (очень жидкие навозные массы, вода).

**2 группа. Бингамовские пластики.**

Кривая течения для таких жидкостей представляет прямую линию (рисунок 2, кривая В), пересекающую ось напряжения сдвига на расстоянии  $\tau_0$  от ее начала. Напряжение текучести  $\tau_0$  – есть предел, превышение которого приводит к возникновению вязкого течения. Реологическое уравнение для бингамовских пластиков можно записать в виде:

$$\tau - \tau_0 = \eta v, \tag{2}$$

где  $\tau_0$  – напряжение текучести, Н/м<sup>2</sup>.

Многие реальные жидкости очень близки к такому типу. В качестве примера можно назвать масляные краски, зубную пасту, буровые растворы, густые пищевые отходы. Объяснение поведения бингамовских пластиков

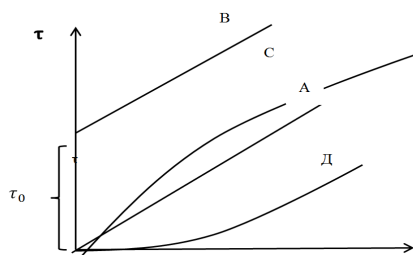


Рисунок 2 – Зависимость напряжения сдвига от градиента скорости сдвига для различных жидкостей

исходит из предположения о наличии у покоящейся жидкости пространственной структуры, достаточно жесткой, чтобы сопротивляться любому напряжению, не превосходящему по величине  $\tau_0$ . Если напряжение превышает  $\tau_0$ , то структура полностью разрушается и система ведет себя как обычная ньютоновская жидкость при напряжениях сдвига  $\tau - \tau_0$ . Когда же напряжение сдвига становится меньше, то структура снова восстанавливается.

### 3 группа. Псевдопластики

Псевдопластичные жидкости не обнаруживают предела текучести, и кривая течения у них показывает, что отношение напряжения сдвига к градиенту скорости сдвига постепенно понижается с ростом градиента скорости сдвига (рисунок 2, кривая С). Кривая течения становится линейной только при очень больших по величине скоростях деформации сдвига. Для описания жидкостей такого типа установлена эмпирическая, функциональная зависимость в виде степенного закона. Такая зависимость, предложенная впервые Оствальдом и Рейнером [16], а затем усовершенствованная Уилкинсоном [11], записывается в виде:

$$\tau = k_i v^n, \quad (3)$$

где  $k_i$  и  $n$  являются постоянными коэффициентами данной жидкости. Чем выше вязкость жидкости, тем больше  $k_i$  мера консистенции жидкости.  $n$  – характеризует степень неньютоновского поведения жидкости, и чем больше отличается от единицы, тем отчетливее проявляются ее неньютоновские свойства. На основании формулы 3 получаем, что вязкость псевдопластических жидкостей будет равна:

$$\eta = k_i v^{n-1}, \quad (4)$$

и поскольку для псевдопластических жидкостей  $n < 1$ , то вязкость убывает с возрастанием скорости сдвига. Такое поведение характерно для высокополимерных жидкостей. Уилкинсон предположил, что с возрастанием скорости сдвига молекулы постепенно ориентируются и вместо случайных, хаотических движений, которые они совершают в покоящейся жидкости, начинают движение вдоль направления потока. Поэтому вязкость будет убывать с ростом скорости сдвига до тех пор, пока сохраняется возможность дальнейшего ориентирования молекул вдоль линии тока, а затем кривая течения становится линейной [11].

### 4 группа. Дилатантные жидкости.

Дилатантные жидкости сходны с псевдопластиками тем, что в них также отсутствует предел текучести, однако их кажущаяся вязкость повышается с возрастанием скорости сдвига. Степенной закон и в данном случае оказывается пригодным, но показатель степени уже превышает единицу. Процесс структурообразования является причиной

быстрого нарастания вязкости (рис. 2, кривая Д).

В природе дилатантные жидкости встречаются реже, чем псевдопластики, но в случае применимости степенного закона, расчет для обоих типов жидкостей становится почти одинаковым.

### 5 группа. Уруговязкие жидкости.

Уруговязкими называются жидкости, проявляющие как упругое восстановление формы, так и вязкое течение. Впервые такие жидкости исследовал Максвелл [16] и получил уравнение вида

$$V = \tau/\eta_0 + \Delta\tau/G, \quad (5)$$

где  $G$  – модуль сдвига, Па с;

$\Delta\tau$  – увеличение напряжения за счет упругости. Н/м<sup>2</sup>.

Данное уравнение характеризуется двумя составляющими  $\tau/\eta_0$  – вязкая составляющая, характеризующаяся законом Ньютона и  $\Delta\tau/G$  – упругая составляющая, характеризующаяся законом Гука. Уравнение 5 можно записать в виде:

$$\tau + \lambda \cdot \Delta\tau = \eta_0 v \quad (6)$$

Параметр  $\lambda$  – имеет размерность времени и называется временем релаксации (разрушения). Из этого уравнения очевидно, что уруговязкая жидкость не может быть охарактеризована простым реологическим уравнением типа  $V=f(\tau)$ . Основное отличие заключается в том, что реологическое уравнение в общем случае содержит производные по времени как от  $\tau$ , так и от  $V$ .

Все виды жидкостей, рассмотренные выше, могут определять свою вязкость не только скоростью сдвига, но и продолжительностью сдвига. Эти жидкости в соответствии с тем, убывает или возрастает со временем напряжение сдвига. Если жидкость деформируется с постоянной скоростью сдвига, подразделяются на тиксотропные и реопектические. Значит все виды жидкостей, рассмотренные ранее, могут быть тиксотропными и реопектическими. Например, тиксотропные бингамовские пластики или реопектические бингамовские пластики.

### 6 группа. Тиксотропные жидкости.

Тиксотропными называются жидкости, которым свойственно постепенное разрушение структуры при сдвиге. Если тиксотропный материал, находившийся в состоянии покоя, деформировать с постоянной скоростью сдвига, то его структура будет постепенно разрушаться, а вязкость снижаться со временем. Скорость разрушения структуры при определенной скорости сдвига зависит от числа связей до начала разрушения структуры и должна поэтому уменьшаться с течением времени. Одновременно будет также возрастать скорость восстановления структуры, так как число новых возможных связей

увеличивается. В конце концов, когда скорости структурообразования и разрушения структуры станут равны друг другу, наступит динамическое равновесие. Тиксотропия является обратимым процессом, и после исчезновения возмущений жидкости, ее структура постепенно восстанавливается. Такая особенность поведения приводит к своего рода гистерезисной петле кривой течения, если сначала нанести значения напряжений для равномерно возрастающей скорости сдвига, а затем для равномерно убывающей скорости. На рисунке 3 показаны кривые течения для тиксотропных жидкостей ньютоновского 1 и псевдопластического 2 типов. Восходящая ветвь кривой течения соответствует постепенному нарастающему во времени напряжению сдвига. После достижения равновесного состояния дальнейший гистерезис исключается.

**7 группа. Реопектические жидкости.** Данным жидкостям свойственно постепенное структурообразование при сдвиге. Несомненно, существует критическая величина сдвига, после превышения которой восстановление структуры не имеет места, а наоборот, происходит ее разрушение. Такие свойства были обнаружены в разбавленных водных растворах пятиоксида ванадия и бентонита. Свойство реопексии обнаруживается только при небольших скоростях сдвига, если же скорость сдвига велика, то образование структуры не

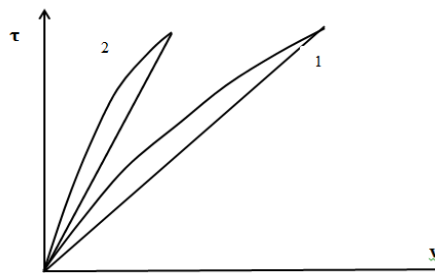


Рисунок 3 – Кривые течения для тиксотропных жидкостей

происходит.

Реопектичность внешне напоминает дилатантность, где время структурообразования незначительно. Однако аналогия не является здесь полной потому, что реопектические свойства проявляются только тогда, когда структура разрушается при небольших значениях скорости сдвига. Эти значения являются верхним пределом, за которым аналогия становится несправедливой.

**Выводы.**

Разработанная классификационная схема способствует более полному учету реологических свойств высоковязких жидкостей при транспортировании их по трубам, облегчает разработку количественных методов расчета, основывающихся на реально измеренных характеристиках жидкостей.

**Литература.**

1. Асадуллин Н.М. Разработка технологии и обоснование параметров пульсирующего транспортирования влажных высоковязких кормосмесей по трубам в животноводстве: Дис. канд.техн.наук. –Казань,1995.–164с.
2. Патент №130037 РФ, МПК F 17 D 1/16 Трубопровод для транспортирования вязких полужидких кормовых смесей/ Асадуллин Л.Н., Маркин О.Ю., Асадуллин Н.М., Маркин Ю.С.// Заявлено 14.12.2012; опубл. 10.07 2013. Бюл. №19.
3. Патент №143992 РФ, МПК F 17 D 1/16 Трубопровод для транспортирования кормовых сред / Асадуллин Н.М., Асадуллин Л.Н.// Заявлено 21.02.2014; опубл. 10.08. 2014. Бюл. №22.
4. Патент №153891 РФ, МПК F 17 D 1/16 Трубопровод для транспортирования кормовых смесей / Асадуллин Н.М., Асадуллин Л.Н.// Заявлено 06.10.2014; опубл. 10.08. 2015. Бюл. №22.
5. Асадуллин Н.М. Взаимосвязь инерционных и реологических свойств при движении кормовых масс по трубам // Вестник Казанского ГАУ. – 2017. –№1. С. 67-70.
6. Асадуллин Н.М., Асадуллин Л.Н. Нестационарное транспортирование вязких несжимаемых полужидких смесей по трубам // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. – №4. – С. 72-77.
7. Асадуллин Л.Н., Маркин О.Ю., Асадуллин Н.М. Обоснование параметров движения кормовых масс по трубам. // Аграрная наука 21 века. Актуальные исследования и перспективы / материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2015. – С.31-34.
8. Рудаков А.И., Асадуллин Н.М. Пульсирующее транспортирование псевдопластических жидкостей по трубам в животноводстве // Вестник Казанского ГАУ. – 2006. - №4. – С.62-67.
9. Патент №2097606 МПК F04F5/04. Пульсирующий эжектор / А.И.Рудаков, Н.М. Асадуллин // Заявлено 15.03.1994. Опубл 27.11.1997.
10. Патент №135273 РФ, МПК В 02 С 2/02 Устройство для испытания трубопроводов с полужидкими кормами // Асадуллин Л.Н., Маркин О.Ю., Асадуллин Н.М., Маркин Ю.С.// Заявлено 12.03.2013; опубл. 10.12 2013. Бюл. №34.
11. Уилкинсон У.П. Неньютоновские жидкости. Гидромеханика, перемешивание и теплообмен: Пер с англ. – М.: Мир, 1964. – 110 с.
12. Рудаков А.И., Асадуллин Н.М., Сулейманов Р.З. Классификация и анализ способов транспортирования полужидких кормовых и навозных масс по трубам. // Деп. в ВНИИТЭИАгропром, 01.09.90. – №262. – М., 1990 – 10с.
13. Рудаков А.И., Сулейманов Р.З. Классификация и анализ устройств для тепловой обработки пищевых отходов. – М., 1988. – 13 С. – Дип в ВНИИТЭИАгропром 03.02.88. №420.
14. Асадуллин Н.М. Механизированная система раздачи кормов / Н.М. Асадуллин, О.Ю. Маркин // Татарский центр научно-технической информации и пропаганды. – Казань, 1988., №261 -88 – 4 с.
15. Асадуллин Н.М. Механизация раздачи кормов на свиноферме / Н.М. Асадуллин, Р.З. Сулейманов // Татарский центр научно-технической информации и пропаганды. – Казань, 1989., №3-89. – 4 с.

16. Огибалов П.М., Мирзаджанзаде А.Х. Нестационарное движение вязкопластических сред. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 372 с.

**Сведения об авторе:**

Асадуллин Наиль Марсирович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: slonopotam1963@yandex.ru  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» г. Казань, Россия.

**CLASSIFICATION OF FODDER MASSES APPLIED TO ITS HYDRO-MECHANICS**

**Asadullin N.M.**

**Abstract.** The current stage in the development of agricultural production in livestock is characterized by the extensive use of pipeline transport to move the forage masses, which are related to non-Newtonian fluids. Production experience and scientific work on the study of hydrotransport systems showed that this method of transportation is the most economical and promising, it has high reliability of structural elements, improves sanitary and hygienic working conditions and makes it possible to fully automate the transportation process. The complex nature of the transportation of mixtures has not allowed to create a unified theory of hydrodynamic calculation of their parameters to date, therefore, various models are used for theoretical investigation of the nature of motion. To select a particular model, it is always important to correctly classify viscous semiliquid media with respect to hydrodynamics. Therefore, the article did not set out the specific goal of choosing a method for studying non-Newtonian systems, but solved the problem of their classification by known defining characteristics. The proposed classification does not pretend to be exhaustive in terms of the physical and chemical nature of the fluid, especially their combinations, but it covers almost all the anomalous phenomena that occur in the fluid during its transportation and helps to select a quantitative method for calculating the transporting fluid. The classification of non-Newtonian fluids with respect to their hydromechanics is based on the dependence of the shear stress on the shear gradient. For this dependence, each type of liquid is considered. The developed classification scheme further promotes a more complete account of the rheological properties of high-viscosity liquids during their transportation through pipes and facilitates the development of quantitative calculation methods.

**Key words:** liquid, pipe, classification, rheology, viscosity.

**References**

1. Asadullin N.M. *Razrabotka tekhnologii i obosnovanie parametrov pulsiruyushchego transportirovaniya vlaznykh vysokovyazkikh kormosmesey po trubam v zhivotnovodstve: Dis... kand.tekhn.nauk.* (Development of technology and substantiation of parameters of pulsating transportation of wet high-viscosity feed mixtures by pipes in animal husbandry: Dissertation for a degree of Ph.D. of Technical sciences). - Kazan, 1995. – P. 164.
2. *Patent №130037 RF, MPK F 17 D 1/16 Truboprovod dlya transportirovaniya vyazkikh poluzhidkikh kormovykh smesey.* (Patent №130037 RF, IPC F 17 D 1/16 Pipe for transportation of viscous semi-liquid fodder mixtures). / Asadullin L.N., Markin O.Yu., Asadullin N.M., Markin Yu.S.// Applied 14.12.2012; Published 10.07.2013. Bulletin №19.
3. *Patent №143992 RF, MPK F 17 D 1/16 Truboprovod dlya transportirovaniya kormovykh sred.* (Patent №143992 RF, IPC F 17 D 1/16 Pipe for transportation of feed mediums). / Asadullin N.M., Asadullin L.N.// Applied 21.02.2014; Published 10.08. 2014. Bulletin №22.
4. *Patent №153891 RF, MPK F 17 D 1/16 Truboprovod dlya transportirovaniya kormovykh smesey.* (Patent №153891 RF, IPC F 17 D 1/16 Pipe for transportation of feed mixtures). / Asadullin N.M., Asadullin L.N.// Applied 06.10.2014; Published 10.08. 2015. Bulletin №22.
5. Asadullin N.M. Interrelation of inertial and rheological properties during the movement of feed masses through pipes. [Vzaimosvyaz inertsionnykh i reologicheskikh svoystv pri dvizhenii kormovykh mass po trubam]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*, - 2017 - №1. P. 67-70.
6. Asadullin N.M., Asadullin L.N. Nestatsionarnoe transportirovanie vyazkikh neszhimaemykh poluzhidkikh smesey po trubam. [Non-stationary transportation of viscous incompressible semi-liquid mixtures through pipes]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*. – 2014. - №4. – P. 72-77.
7. Asadullin L.N., Markin O.Yu., Asadullin N.M. *Obosnovanie parametrov dvizheniya kormovykh mass po trubam. // Agrarnaya nauka 21 veka. Aktualnye issledovaniya i perspektivy. / Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Justification of the parameters of the movement of feed masses through the pipes. // Agrarian science of the 21<sup>st</sup> century. Actual research and prospects. / Proceedings of the international scientific and practical conference) – Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo GAU, 2015. – P. 31-34.
8. Rudakov A.I., Asadullin N.M. Pulsating transportation of pseudoplastic liquids through pipes in animal husbandry. [Pulsiruyushchee transportirovanie psevdoplasticheskikh zhidkostey po trubam v zhivotnovodstve]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*. – 2006. - №4. – P. 62-67.
9. *Patent №2097606 MPK F04F5/04. Pulsiruyushiy ezhektor.* (Patent №2097606 of the IPC F04F5/04. Pulsating ejector). / A.I.Rudakov, N.M. Asadullin // Applied 15.03.1994. Published 27.11.1997.
10. *Patent №135273 RF, MPK B 02 C 2/02 Ustroystvo dlya ispytaniya truboprovodov s poluzhidkimi kormami* (Patent №135273 of the Russian Federation, IPC B 02 C 2/02 Apparatus for testing tubes with semi-liquid fodders). // Asadullin L.N., Markin O.YU., Asadullin N.M., Markin YU.S.// Applied 12.03.2013; Published 10.12.2013. Bulletin №34.
11. Uilkinson U.P. *Nenyutonovskie zhidkosti. Gidromekhanika, peremeshivanie i teploobmen: Per s angl.* [Non-Newtonian fluids. Hydromechanics, mixing and heat exchange: translated from English]. – М.: Mir, 1964. – P. 110.
12. Rudakov A.I., Asadullin N.M., Suleymanov R.Z. *Klassifikatsiya i analiz sposobov transportirovaniya poluzhidkikh kormovykh i navoznykh mass po trubam.* [Classification and analysis of methods for transporting semi-liquid fodder and manure masses through pipes]. // Dep. v VNIITEI Agroprom, 01.09.90. №262. М., 1990 – P. 10.
13. Rudakov A.I., Suleymanov R.Z. *Klassifikatsiya i analiz ustroystv dlya teplovooy obrabotki pishevykh otkhodov.* [Classification and analysis of devices for cooking food waste]. – М., 1988. – 13 S. – Dip v VNIITEI Agroprom 03.02.88. №420.
14. Asadullin N.M. *Mechanized feeding system.* [Mekhanizirovannaya sistema razdachi kormov]. / N.M. Asadullin, O.Yu. Markin // Tatarskiy tsentr nauchno-tekhnicheskoy informatsii i propagandy. Kazan, 1988., №261 – P. 88 – 4 .
15. Asadullin N.M. *Mechanization of distribution of fodder in a pig farm.* [Mekhanizatsiya razdachi kormov na svinoferme]. / N.M. Asadullin, R.Z. Suleymanov // Tatarskiy tsentr nauchno-tekhnicheskoy informatsii i propagandy. Kazan, 1989., №3-89. P. – 4.
16. Ogiбалov P.M., Mirzadzhanzade A.Kh. *Nestatsionarnoe dvizhenie vyazkoplasticheskikh sred.* [Nonstationary motion of viscoplastic media]. – М.: Izd-vo MGU, 1977. – P. 372.

**Authors:**

Asadullin Nail Marsirovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: slonopotam1963@yandex.ru  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.