

УДК. 621.01

Мудров А.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

О новых классификационных группах пространственных смесителей

Аннотация

Постановка задачи. Развитие барабанных (емкостных) смесителей начиналось с использования простого вращательного движения, применения различных геометрических форм емкости, наклона ее оси к оси вращения, использование на внутренних поверхностях различных элементов и т.п. Далее стали использовать сложное движение посредством второго источника привода, вращение с неравномерной скоростью, пространственное движение. Признано, что эффективность процессов в емкости достигается сложным ее движением с неравномерной скоростью. Но реализация такого движения затруднена из-за сложности конструкций механических устройств.

Поставлена задача – разработать простые конструкции смесителей, отвечающие современным требованиям обработки материалов в различных процессах.

Результаты. Предложено семь новых классификационных групп пространственных смесителей, в структурном составе которых только вращательные шарниры, с числом подвижных звеньев от трех до шести, включая емкость, совершающая сложное неравномерное движение от одного источника привода во всех группах смесителей. Все смесители защищены 36 авторскими свидетельствами на изобретения.

Выводы. Создано новое научное направление в конструировании пространственных смесителей только с вращательными шарнирами, обладающими широкой многофункциональностью: смешивание различных материалов без ограничений, поверхностную обработку деталей, очистку и мойку изделий, дробление и измельчение и т.п. без переналадки. Во всех устройствах обрабатываемый материал получает дополнительное силовое инерционное воздействие к основному турбулентному движению, интенсифицируя тем самым процесс обработки с улучшением качества конечного продукта.

Ключевые слова: шарниры вращательные, пространственные смесители, емкости, инерционные силы, интенсификация, классификационные группы.

Введение

Перемешивание материалов – один из распространенных процессов во многих отраслях народного хозяйства, осуществляемый механическими устройствами, смесителями и аппаратами с мешалкой.

Большим недостатком существующих конструкций является длительность процесса, неудовлетворительное качество готового продукта, узкая функциональная применимость, т.е. в одной конструкции нельзя одинаково эффективно проводить разные процессы, например, перемешивание, галтовку и полировку деталей, шлифование семян, дробление материалов, мойку и очистку изделий и т.д. [1, 2].

В связи с появлением фермерских и мелкотоварных хозяйств возникла необходимая потребность и в новой технике для них, небольших по объему, но широкоуниверсальных и эффективных по использованию в разных производственных процессах, пока такой техники нет.

В последние годы для интенсификации процесса перемешивания стали использовать сложное движение, вращение с переменной угловой скоростью и сложное неравномерное движение рабочих органов и емкостей. Однако существующие конструкции сложны, имеют несколько источников привода, малый ресурс работы из-за наличия шаровых шарниров, исследования и разработки таких устройств пока малочисленны, нет теории создания смесителей, сведений о внедрении в производство, нет классификационных групп пространственных устройств.

Объясняется это трудностью и сложностью образования пространственных устройств, в особенности имеющих в составе только вращательные шарниры.

Таким образом, создание новых высокоэффективных универсальных перемешивающих устройств является актуальной и необходимой задачей. Это еще более актуально потому, что сфера их применения и использования широка и охватывает самые разные отрасли народного хозяйства.

Работа входила в Координационный план научно-исследовательских работ АН СССР по проблеме «Теория машин и система машин» (1.11.1) раздел 1.11.1.1 «Разработка методов определений оптимальных параметров и создание конструкций смесителей для приготовления комбикормов и микроудобрений».

Основная часть

В течение последних нескольких лет казанскими учеными под руководством профессоров Б.В. Шитикова и П.Г. Мудрова разработано новое научное направление в теории пространственных механизмов, содержащие в составе только вращательные шарниры. На базе этих механизмов созданы новые конструкции самого разного назначения [3, 8].

Учитывая перспективность и эффективность смесителей со сложным пространственным движением, нами поставлена задача – разработать конструкции смесителей, которые были бы просты, надежны и эффективны в работе. Создать классификационные группы смесителей только на базе новых пространственных механизмов с вращательными шарнирами.

В основу разработок приняты: пространственный базовый модуль в трех модификациях, его объединения, приемы комплексного метода поиска решений технических проблем, способы перемешивания [4].

Кроме того, использованы основы теории создания аппаратов с мешалкой, результаты их кинематического исследования, показатели основных критериев технических систем [3].

Разработка смесителей начата с использования базового модуля с более 30 вариантами схем как скелетной основы смесителей. Модуль имеет три подвижных звена и стойку (станина). Противолежащие звенья модуля имеют одинаковые параметры: углы скрещивания и кратчайшие расстояния, при этом отношения кратчайших расстояний равно отношению синусов углов противолежащих звеньев.

В первую группу отнесены одноемкостные смесители, у которых одно из малых звеньев базового модуля принято неподвижным (стойкой), а на пальце второго малого звена консольно закреплена емкость (рис. 1а, верхний) [7, 8].

При таком расположении звеньев модуля емкость совершает сложное пространственное неравномерное движение, характер которой можно менять значениями углов скрещивания, длинами звеньев и частотой вращения емкости.

Расширены эксплуатационные возможности смесителя путем постановки вовнутрь емкости дополнительного вала с лопастями, являющимся продолжением пальца и второго рабочего вала, оба вала скрещены под углом, что увеличивает объем их воздействия на компоненты.

Предложены два варианта усложнения движения емкости дополнительным вращением или возвратно-вращательным движением неподвижного звена относительно стойки (рис. 1а, нижний). Емкость имеет кроме планетарного движения еще вращательное движение относительно стойки,

Выявлено и образовано множество конструктивных вариантов консольных смесителей (на базе трех типов базовых модулей: варианты параллелограммного, антипараллелограммного и промежуточного типов).

Опираясь на приемы комплексного метода поиска решений и базовый модуль, разработана вторая группа смесителей – многоемкостные консольные (рис. 1б). Здесь образовано пять направлений разработки с наличием 2, 3 и 4 емкостей в одной конструкции.

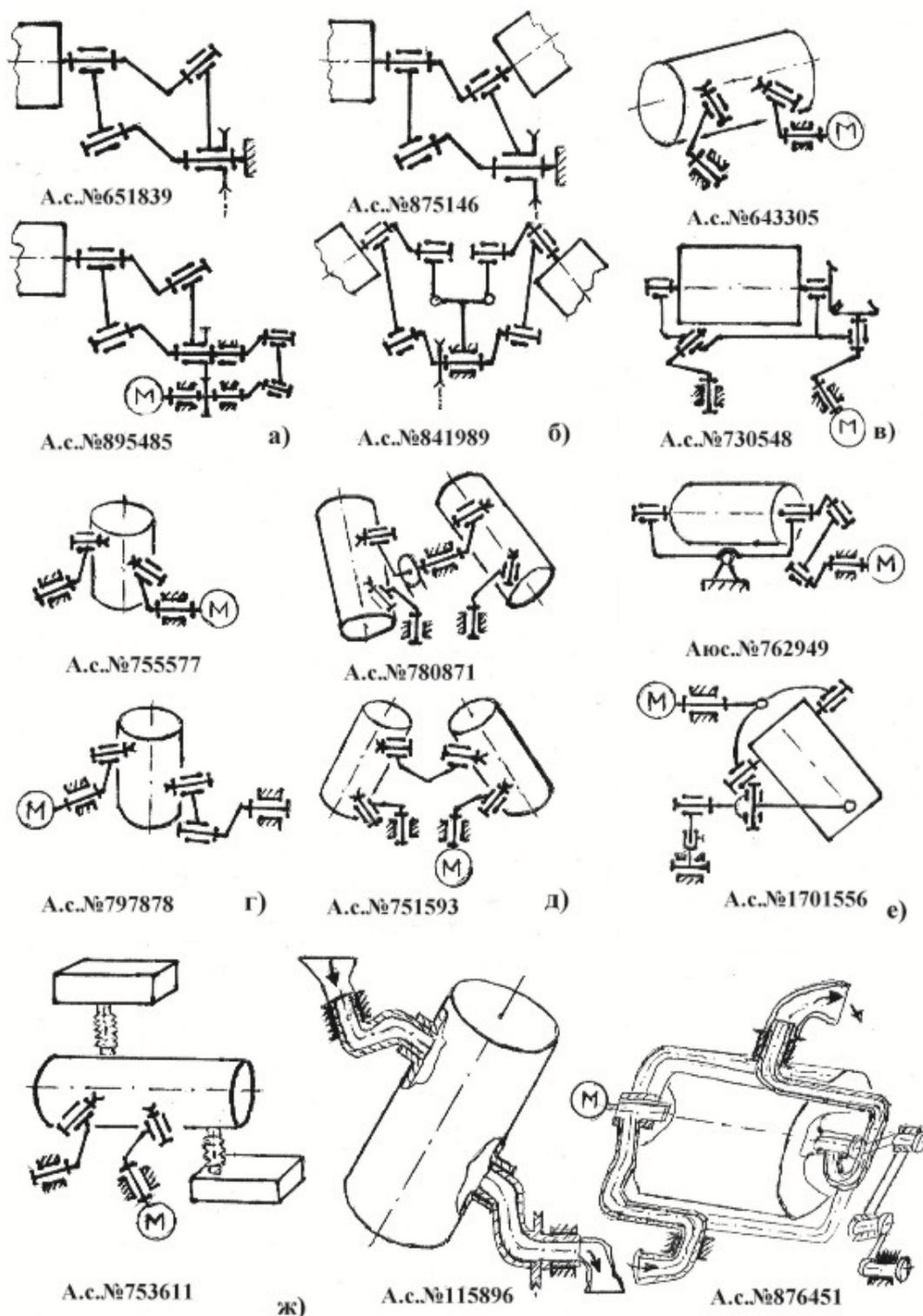


Рис. 1. Схемы классификационных групп пространственных смесителей

В первом случае вторая емкость крепится на втором пальце подвижного малого звена по рис. 1а базового модуля.

Второе направление разработок – объединение двух базовых модулей, поставленных на малое звено-станину. В этом случае динамические и статические давления распределяются равномерно и смеситель легче уравнивается.

В третьем направлении разработок использовано двойное объединение. Сначала объединяются базовые модули промежуточного типа, затем производится второе объединение вновь образованных устройств, зеркально расположенных относительно

первого, через общую станину и ведущий вал. Смесители практически полностью уравниваются и не требуют установки на фундамент (рис. 1б, нижний).

В четвертом направлении объединяются базовые модули общего типа с образованием конструкции смесителя с тремя емкостями, каждая из которых движется по своему индивидуальному закону. Применяя различные типы объединяемых базовых модулей можно получить семейство смесителей с разными законами движения емкостей.

В пятом направлении разработок консольных смесителей применено опять двойное объединение: сначала модулей в устройство, а затем соответствующим объединением двух вновь образованных устройств. Смеситель в этом случае имеет 4 подвижные емкости с различными законами движения. Здесь имеется также много вариантов образования, смесители этого направления полностью уравниваются.

Для первой и второй классификационных групп смесителей разработано устройство для компенсации неточности изготовления и сборки звеньев, а также для регулировки закона движения емкостей в процессе работы без замены мотылей кривошипов.

К третьей классификационной группе смесителей отнесены пространственные инерционные, конструкции которых образованы на основе базового модуля, у которого за неподвижное звено (стойку) принято одно из больших звеньев.

Смесители этой группы наиболее просты, они содержат только емкость, два кривошипа и станину (рис. 1в, верхний). Эта группа смесителей обладает большим диапазоном частот вращения емкости, степени неравномерности движения, эффективностью и универсальностью использования в самых разных технологических процессах. К практическому использованию предложено более 20 типов таких смесителей с вместимостью емкости от 10 до 200 л.

В части усложнения движения емкости разработана конструкция с дополнительным вращательным движением ее (рис. 1в, нижний), конструкция без пассивных связей, с дополнительным маховиком для полного уравнивания, конструкция с заменой ведомого кривошипа упругим элементом.

К четвертой классификационной группе отнесены смесители с вертикально расположенной емкостью (рис. 1г). В этой группе три разновидности смесителей. Первая на основе базового модуля с иным соединением двух кривошипов с емкостью и станиной, при этом закон движения ее отличается сложностью и оригинальностью: за один оборот ведущего кривошипа емкость делает два оборота. Разработаны смесители с вместимостью емкостей от 15 до 80 л.

Вторая разновидность смесителей с дополнительным звеном со стороны ведущего, а третья – со стороны ведомого кривошипа (рис. 1г, нижний). Обе группы образованы соответствующим объединением базовых модулей через общие шарниры и звенья и определенным отбрасыванием объединяемых звеньев и шарниров и заменой их необходимыми звеньями по той или иной структурной схеме. Определены их структурные параметры, условия взаимосвязи угловых и линейных размеров, последовательность и варианты проектирования.

К пятой классификационной группе отнесены пространственные инерционные двухемкостные смесители, образованные объединением одноемкостных смесителей через общий вал и станину (рис. 1д). Структурные параметры второго объединяемого смесителя отличаются только значениями угла скрещивания осей шарниров кривошипов, который равен $180^\circ - \alpha$. В этом случае ведомые кривошипы имеют встречное неравномерное движение, чем устраняется негативное влияние инерционного момента на станину смесителя. Показаны разработки смесителей с вместимостью емкостей от 20 до 50 л каждая.

Другой вариант этой группы образован объединением двух одноемкостных смесителей и удалением горизонтальной опоры с валом и кривошипом и введением вместо них общего колена. Структурные параметры отличаются от первого типа наличием изогнутого под углом $180^\circ - 2\alpha$ колена. Показаны многовариантные конструктивные исполнения смесителей этой группы.

Для смесителей пятой группы разработано устройство для компенсации неточности изготовления и сборки звеньев, которое дополнительно гасит упругие колебания емкостей.

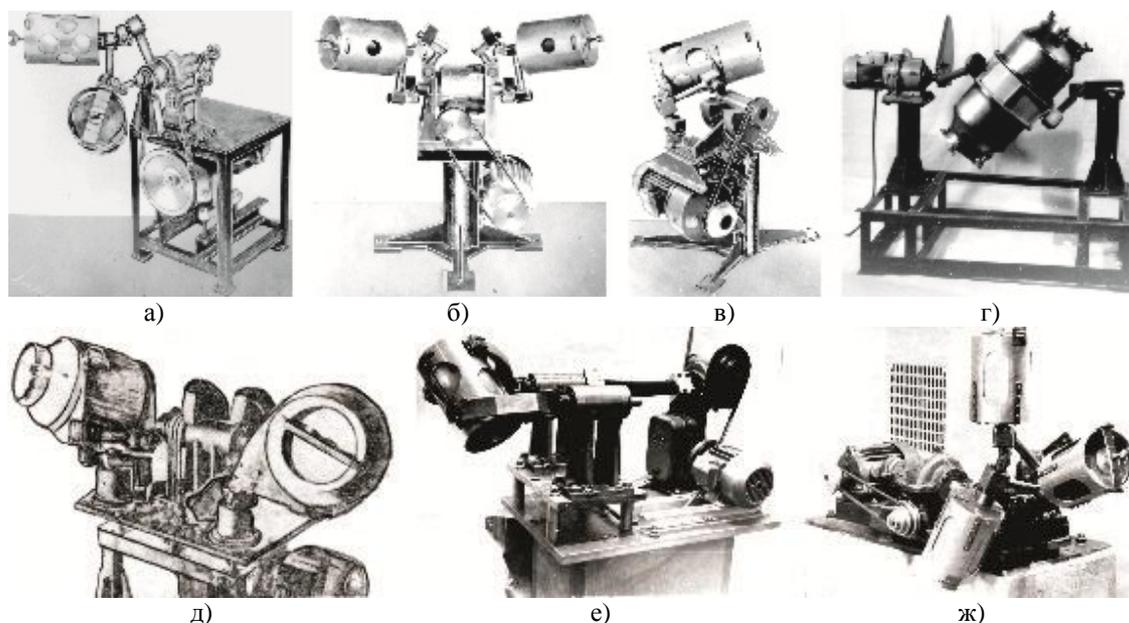


Рис. 2. Фото экспериментальных пространственных смесителей:
 а) двухемкостный по А.с. № 895485; б) двухемкостный по А.с. № 841989;
 в) инерционный по А.с. № 643305; г) винтовой по А.с. № 755577;
 д) инерционный двухемкостный по А.с. № 780871;
 е) комбинированный по А.с. № 1701556; ж) трехемкостный по А.с. № 456628

Следующая шестая классификационная группа смесителей - комбинированные, т.е. объединяющие два простых движения в сложное движение емкости. В известных устройствах привод осуществляется от отдельных источников или с применением сложных передаточных механизмов, что нецелесообразно.

Используя прием объединения двух базовых модулей, образовано ряд вариантов смесителей, сочетающих два и более движений, посредством одного источника привода и преобразующего механизма (рис. 1е, верхний) [6].

Емкость таких смесителей имеет вращательное и возвратно-вращательное движение с неравномерной угловой скоростью. Приведена структура смесителя, взаимосвязь параметров, пример конструирования. Даны варианты с зубчатой передачей, с источником привода на станине, с источником привода на качающейся раме.

Еще одна проверка возможности предложенной теории создания смесителей проведена на всемирно известном смесителе швейцарской фирмы «Турбула», подходящем по некоторым признакам, к нашим смесителям (все шарниры вращательные и емкость совершает сложное движение). Его недостатки: точное соблюдение размеров, которые находятся в зависимости от размера емкости, закон движения емкости не регулируется.

Применяя основы теории создания смесителей, нам удалось устранить недостатки смесителя и усовершенствовать его на уровне 6 изобретений: три типа смесителей и три изобретения иного направления.

В первом смесителе (рис. 1е, нижний) одна из неподвижных стоек выполнена подвижной и регулируемой по высоте, что устранило требование к точности изготовления звеньев и сделало регулируемым закон движения емкости.

Во втором смесителе изменена конструкция звеньев так, что позволило работать с различными по объему и размерам емкостями.

В третьем смесителе введено устройство для осуществления непрерывного режима работы.

На структурной схеме смесителя создано: вращающийся фонтан, тренажер для летчиков и тестомесильная машина.

К седьмой классификационной группе отнесены пространственные смесители с непрерывным режимом работы. Показаны сложности осуществления непрерывной

подачи и отвод компонентов в емкости, совершающей сложное неравномерное пространственное движение.

Приведены примеры разработок непрерывного режима в каждой из 6 классификационных групп разными способами [5]. Выполнение кривошипов полыми для подачи и отвода компонентов в инерционных смесителях (рис. 1ж, средний), через гибкие шланги и патрубки – в инерционных (рис. 1ж, левый), через полые трубы и каналы – в комбинированных (рис. 1ж, правый) и т.д.

Исследование смесителей проводилось в производственных условиях на перемешивании компонентов предприятий – условие предприятия, перед внедрением проверить смеситель в работе. Так, в линии приготовления лекарств в казанском химико-фармацевтическом объединении препараты отвечали всем требованиям однородности и экологической чистоты продукта за меньшее время. В линии обогащения комбикормов микродобавками в условиях птицефабрик однородность смеси составляла 97-98 %. Процесс обработки деталей (снятие заусенцев и округление кромок) увеличивался в 6-40 раз в сравнении с таковым заводов Минмедпрома и завода пишущих устройств.

Что касается пространственных смесителей зарубежного исполнения, то кроме швейцарского смесителя «Турбула», других конструкций нигде не обнаружено. Имеются только теоретические публикации: метод синтеза механизма Беннетта [9], моделирование механизма Беннетта как часть мобильного робота [10], связи и объединение механизмов [11-12], в качестве рамной конструкции акустического потолка многоцелевого театра [13].

Заключение

1. На основе базового пространственного модуля разработано семь новых классификационных групп пространственных смесителей: с консольно закрепленной емкостью, консольные многоемкостные, инерционные, с вертикально расположенной емкостью, инерционные многоемкостные, комбинированные и смесители с непрерывным процессом работы. Кроме этого, на основе базового модуля создано много разнообразных устройств техники – восемь направлений, и выявлен огромный его потенциал как самостоятельное устройство (34 изобретения), т.е. в полном смысле он является общим универсальным пространственным базовым модулем

2. Универсальный базовый модуль, метод образования смесителей объединением базовых модулей, двойное объединение устройств и комплексный метод поиска решений технических проблем, квалифицируется как общая теория создания пространственных перемешивающих устройств и других устройств техники.

3. Все группы смесителей сравнительно проще аналогичных устройств, значительно интенсифицируют многие технологические процессы за счет сложного пространственного движения емкости с дополнительным инерционным воздействием на обрабатываемый материал и имеют привод от одного источника энергии.

Список библиографических ссылок

1. Евграфов А. Н., Петров Г. Н. Геометрия и кинематика механизма турбулентного смесителя : сб. ст. 3-й Международной научно-практической конференции / Политех. ун-т. СПб, 2013. С. 701–708.
2. Мингазов М. Р., Яруллин М. Г. Кинематика характерных точек рабочих звеньев пространственного 4R-механизма как активатора процессов перемешивания // Вестник Ижевского государственного технического университета, 2014. № 3. С. 34–38.
3. Мудров А. Г. О новой группе пространственных аппаратов с мешалкой // Вестник КГАУ, 2016, № 2. С. 77–82.
4. Мудров А. Г. Способы интенсификации процессов в строительных технологиях // Известия КГАСУ, 2016, № 2 (36). С. 233–240.
5. Мудров А. Г. Инерционные пространственные смесители непрерывного действия // Известия КГАСУ, 2017, № 1 (39). С. 264–271 .
6. Мудров А. Г. Молотковая мельница // Известия КГАСУ, 2016, № 3 (37). С. 238–243.
7. Мудров А. Г., Марданов Р. Ш. Обзор исследований пространственных механизмов с вращательными шарнирами // Теория механизмов и машин, 2015, № 2. С. 62–71.

8. Мудров А. Г. Пространственные механизмы с особой структурой. Казань : РИЦ «Школа», 2003. 300 с.
9. Brunthaler K., Schrocker H-P., Husty M. A New Method for the Synthesis of Bennett Mechanisms. Cassino : Proceedings of CK2005, International Workshop on Computational Kinematics, 2005. P. 53–61.
10. Oliveira Jr A. A., Carvalho J. C. M. Modeling of the Bennett's linkage as leg of a mobile robot, 12th IFToMM World Congress, Besancon, 2007. P. 1–6.
11. Chen Y., Song C. Y. A spatial 6R linkage derived from subtractive Goldberg 5R linkages // Mech. Mach. Theory. 2011. V. 46. P. 1097–1106.
12. Chen Y., Song C. Y. A family of mixed double-Goldberg 6R linkages // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science. 2012. T. 468. № 2139. P. 871–890.
13. Soru M. A spatial kinetic structure applied to an active acoustic ceiling for a multi-purpose theatre. Delft : TU Delft University of Technology, 2014. 213 p.

Mudrov A.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

About the new classification groups, spatial mixers

Abstract

Problem statement. The development of the drum (capacitive) mixer began with the use of simple rotational motion, the use of different geometrical shapes of the container, the tilt of its axis to the axis of rotation, the use on the inner surfaces of the various elements, etc began to use the complex motion by means of the second drive source rotating with an irregular speed, spatial movement. It is recognized that the effectiveness of the processes in the vessel is achieved by its complex motion with irregular speed. But the implementation of such movement is difficult due to complexity of mechanical devices.

The task was to develop simple designs of faucets for the modern demands of material handling in various processes.

Results. Proposed new classification of seven groups of spatial faucets in the structural composition of which is only rotational joints, with the number of mobile units from three to six, including capacity, performing a complicated uneven movement from one drive source in all groups of mixers. All the mixers 36 are protected by copyright certificates on inventions.

Conclusions. Created a new scientific direction in the design of spatial faucets only with rotational joints, with a wide versatility: mixing various materials, without limitation, surface treatment parts, cleaning and washing of products, milling and grinding, etc. without readjustment. All devices processed material receives additional power to the inertial effect to the main turbulent motion, thereby intensifying the treatment process of improvement in the quality of the final product.

Keywords: joints rotational, spatial mixers, tanks, inertial forces, intensification, classification groups.

References

1. Evgrafov A. N., Petrov G. N. Geometry and kinematics of the mechanism is turbulent mixer : dig. of art. 3rd International scientific-practical conference / Polytechnical University. SPb., 2013. P. 701–708.
2. Mingazov M. R., Yarullin M. G. Kinematics of the characteristic points of the working parts of a spatial 4R mechanism as activator of the processes of mixing // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2014. Vol. 3. P. 34–38.
3. Mudrov A. G. About a new group of spatial units with mixer // Vestnik KGAU. 2016. № 2. P. 77–82.

4. Mudrov A. G. Ways of intensification of processes of construction technologies // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 2 (36). P. 233–240.
5. Mudrov A. G. Inertial spatial continuous mixers // *Izvestiya KGASU*. 2017. № 1 (39). P. 264–271.
6. Mudrov A. G. Hammer mill // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 3 (37). P. 238–243.
7. Mudrov A. G., Mardanov R. W. A review of studies of spatial mechanisms with rotational joints // *Teoriya mekhanizmov i mashin*. 2015. № 2. vol. 13. P. 62–71.
8. Mudrov A. G. Spatial mechanisms with a special structure. Kazan : RIC «Shkola», 2003. 300 p.
9. Brunthaler K., Schrockner H-P., Husty M. A New Method for the Synthesis of Bennett Mechanisms. Cassino : Proceedings of CK2005, International Workshop on Computational Kinematics, 2005. P. 53–61.
10. Oliveira Jr A. A., Carvalho J. C. M. Modeling of the Bennett's linkage as leg of a mobile robot, 12th IFToMM World Congress, Besancon, 2007. P. 1–6.
11. Chen Y., Song C. Y. A spatial 6R linkage derived from subtractive Goldberg 5R linkages // *Mech. Mach. Theory*. 2011. V. 46. P. 1097–1106.
12. Chen Y., Song C. Y. A family of mixed double-Goldberg 6R linkages // *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science*. 2012. T. 468. № 2139. P. 871–890.
13. Soru M. A spatial kinetic structure applied to an active acoustic ceiling for a multi-purpose theatre. Delft : TU Delft University of Technology, 2014. 213 p.