

УДК 621.787.4

UDC 621.787.4

05.00.00 Технические науки

Engineering

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ВИНТОВЫХ РОТОРОВ****EXPERIENCE OF SCREW ROTORS DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT**

Горячева Елена Анатольевна  
ст. преподаватель  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Goryacheva Elena Anatolievna  
Senior lecturer  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Предложен метод отделочно-зачистной обработки деталей на основе перемешивания массы деталей и гранул рабочей среды в сочетании с целевым транспортирующим движением от загрузки к выгрузке. Такое сочетание обеспечивается с помощью технологического процесса, в котором движения осуществляются за счет рабочего органа, выполненного в виде сложного винтового ротора с разнонаправленными винтовыми поверхностями, образованными плоскими элементами. Показаны конструкции четыре винтовых роторов и методы их сборки, а также рекомендации по использованию винтовых роторов: «Движение обрабатываемых деталей и частиц рабочей среды, является наиболее сложным и бесконечно разнообразным в винтовых роторах I класса и простейшим и единообразным в винтовых роторах IV класса». Опыт и экспериментальная проверка эффективности внедрения технологического процесса отделочной обработки деталей в винтовых роторах показали, что для рассмотренного случая производительность, например, снятия заусенцев возрастает в десятки раз. Это достигается не только за счет возможности обеспечения в винтовых роторах непрерывности процесса обработки, но и за счет значительного роста амплитуд низкочастотных колебаний, которые сообщаются массам загрузки станками винтовых роторов, расположенных друг к другу и к оси вращения винтового ротора под различными углами

The article offers a method of details finishing and cleanup processing based on the details and working environment granules mass hashing in combination with the target transporting movement from loading to unloading. Such combination is provided by means of technological process in which the movements are carried out at the expense of the working body executed in the form of a complex screw rotor with the multidirectional screw surfaces formed by flat elements. Four screw rotors designs and methods of their assembly as well as the recommendation on the use of screw rotors are shown: "The movement of the processed details and particles of a working environment is the most complex and infinitely various among the I class screw rotors and the most elementary and uniform among the IV class screw rotors". The practice and experimental control of the details finishing technological process introduction efficiency in screw rotors have shown that for the considered case productivity of, for example, agnail removal increases tens of times. It is reached not only at the expense of the possibility of continuous processing provision in screw rotors, but also due to significant increase in amplitudes of low-frequency fluctuations which are reported to loading masses by the screw rotors machines located at different angles to each other and to screw rotor rotation axis

Ключевые слова: ВИНТОВЫЕ РОТОРЫ, ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНАЯ ОБРАБОТКА, РАБОЧАЯ СРЕДА

Keywords: SCREW ROTORS, FINISHING AND CLEANUP PROCESSING, WORKING ENVIRONMENT

**Doi: 10.21515/1990-4665-131-033**

Теория и опыт работы машиностроительных предприятий различных отраслей промышленности показывают, что трудоемкость отделочно-зачистной обработки (ОЗО) в общем объеме трудоемкости изготовления деталей достаточно велика. Введение на предприятиях госприемки, повышение требований к качеству и товарному виду деталей приводят к непре-

рывному росту объемов ОЗО практически во всех отраслях промышленности и обуславливают необходимость научных работ, направленных на создание высокоэффективных универсальных методов ОЗО, пригодных для массового и серийного производства деталей широкой номенклатуры.

Такая задача может быть решена путем внедрения на предприятиях принципиально новых методов ОЗО с помощью технологических процессов и оборудования не только с объемным характером взаимодействия между обрабатываемыми деталями к частицами рабочей среды, но и обеспечивающего обработку деталей в произвольном положении при их транспортировке от загрузки к выгрузке.

Этот метод реализуется на основе перемешивания массы деталей и гранул рабочей среды в сочетании с целевым транспортирующим движением от загрузки к выгрузке. Такое сочетание обеспечивается с помощью технологического процесса, в котором движения осуществляются за счет рабочего органа, выполненного в виде сложного винтового ротора с разнонаправленными винтовыми поверхностями, образованными плоскими элементами (рисунок 1, а).

В результате анализа конструкций винтовых роторов предложена классификация винтовых роторов, где следует обратить внимание на IV класс - винтовые роторы с винтовыми линиями только основного направления (рисунок 2,б).

Винтовые роторы I класса собраны [2,16] из секций (рисунок 1,а), которые последовательно соединены между собой боковыми гранями одинаковых равносторонних треугольников, причем секции винтового ротора соединены по его длине основаниями этих треугольников. На рисунке 1,а приведена схема винтового ротора I класса в виде октаэдральной колонны, где  $D=1,147 a$ ,  $d = 0,574 a$ ,  $a$  - сторона равностороннего треугольника,  $\gamma_1$   $\gamma_2$  - углы наклона винтовых линий основного и противоположного направлений ( $\gamma_1 = \gamma_2 = 30^0$ ),  $S_1$  и  $S_2$  - шаги винтовых линий основного и противо-

положного направлений и 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 - одна из трех винтовых линий основного направления показана утолщенной линией.

Винтовые роторы II класса [3] собраны из секций (рисунок 1,б) выполненных в виде многогранников, три грани которых являются четырехугольниками, а две другие - треугольниками, соединенными с боковыми гранями четырехугольника, при этом  $D = 2,2286B$ ,  $d = 0,542B$ ,  $B$  – сторона равнобедренного треугольника с основанием  $C = 1,4142B$ , а  $C$  и  $B$  - стороны прямоугольного четырехугольника.

Винтовые роторы III класса [1,8] смонтированы из тетраэдральных пустот (рисунок 2,в), собранных из равносторонних треугольников:  $\gamma_5$  - угол наклона линий основного направления.

Винтовые роторы IV класса [4,10] смонтированы (рисунок.2,б) из свернутых винтовых полос (утолщенной линией показана одна из трех винтовых линий с шагом  $S_7$ ;  $\gamma_7$  - угол наклона винтовых линий,  $\gamma_7 = 5...45^\circ$ ;  $D = 1,147 e$ ;  $d = 0,574 e$ ;  $e$ - ширина винтовой полосы).

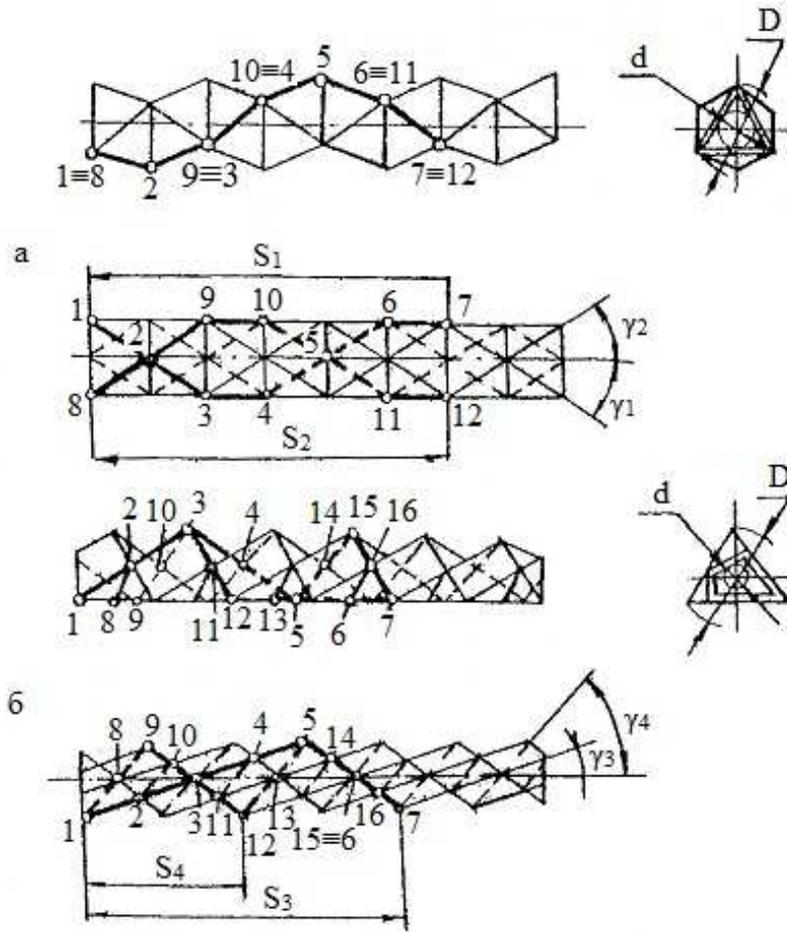


Рисунок 1 – Винтовые роторы I (а) и II (б) классов

Движение обрабатываемых деталей и частиц рабочей среды, является наиболее сложным и бесконечно разнообразным в винтовых роторах I класса и простейшим и единообразным в винтовых роторах IV класса.

На рисунке 3 приведены зависимости скорости продольного перемещения деталей массой  $m_1 = 25\text{г}$ , обрабатываемых рабочей средой с массой частиц  $m_2 = 0,02\text{г}$ , при коэффициенте заполнения массой загрузки объ-

ема винтового ротора  $\xi = \frac{V_m}{V_{p.k.}} = 0,2$ . Как видно из зависимостей, чем выше класс винтового ротора, тем выше его транспортирующая способность, однако энергоёмкость их взаимодействия меньше. Поэтому для обработки деталей большой жесткости применяются винтовые роторы I класса, для обработки деталей средней жесткости - винтовые роторы II и III классов,

для обработки деталей малой жесткости (например, в электротехнической промышленности) - винтовые роторы IV класса.

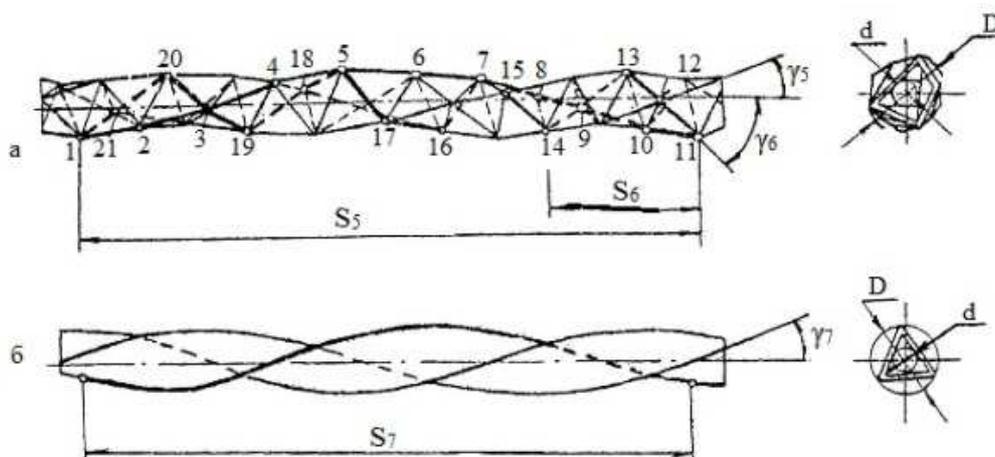


Рисунок 2 – Винтовые роторы III (а) и IV (б) классов

Опыт и экспериментальная проверка эффективности внедрения технологического процесса отделочной обработки деталей в винтовых роторах показали, что для рассмотренного случая производительность, например, снятия заусенцев возрастает в десятки раз. Это достигается не только за счет возможности обеспечения в винтовых роторах непрерывности процесса обработки, но и за счет значительного роста амплитуд низкочастотных колебаний, которые сообщаются массам загрузки станками винтовых роторов, расположенных друг к другу и к оси вращения винтового ротора под различными углами.

Многokратное увеличение амплитуд колебаний значительно повышает скорость и усилие микроударов частиц рабочей среды и обрабатываемых поверхностей, увеличивает участки активного их взаимодействия. При этом следует отметить что вследствие повышения силы микроударов частиц рабочей среды (в случае использования стальных закаленных шариков и роликов) отмечается значительный рост микротвердости поверхностного слоя обработанных в винтовых роторах деталей (на 10 - 40%).

Уникальные возможности винтовых роторов позволяют успешно осуществлять не только отделочно-зачистные, упрочняющие операции, но

и транспортировку предметов, перемешивание, разрушение предметов, сепарацию, сушку, измельчение, например:

–в машиностроении при выполнении отделочно-зачистной обработки на отдельных ее разновидностях (черновая обработка, снятие заусенцев) удастся повысить производительность в 1,2-1,5 раза, схемы и принцип работы такого оборудования представлены в работах [1,16];

–в химической промышленности при изготовлении краски удастся повысить производительность в 1,1 -1,3 раза, схемы и принцип работы такого оборудования представлен в работах [7,11,14];

–в пищевой и легкой промышленности при выполнении отдельных операций, например, сепарации сыпучих сред, галтовкипельменей, можно добиться повышения производительности в 1,4-1,5 раза, схемы и описание оборудования представлены в работах[2,15];

–в сельском хозяйстве уборки зерновых, для приготовления кормов, сушки куриного помета, мойки корнеплодов можно повысить производительность в 1,8-2 раза, схемы и описание оборудования представлены в работах [9,10,12];

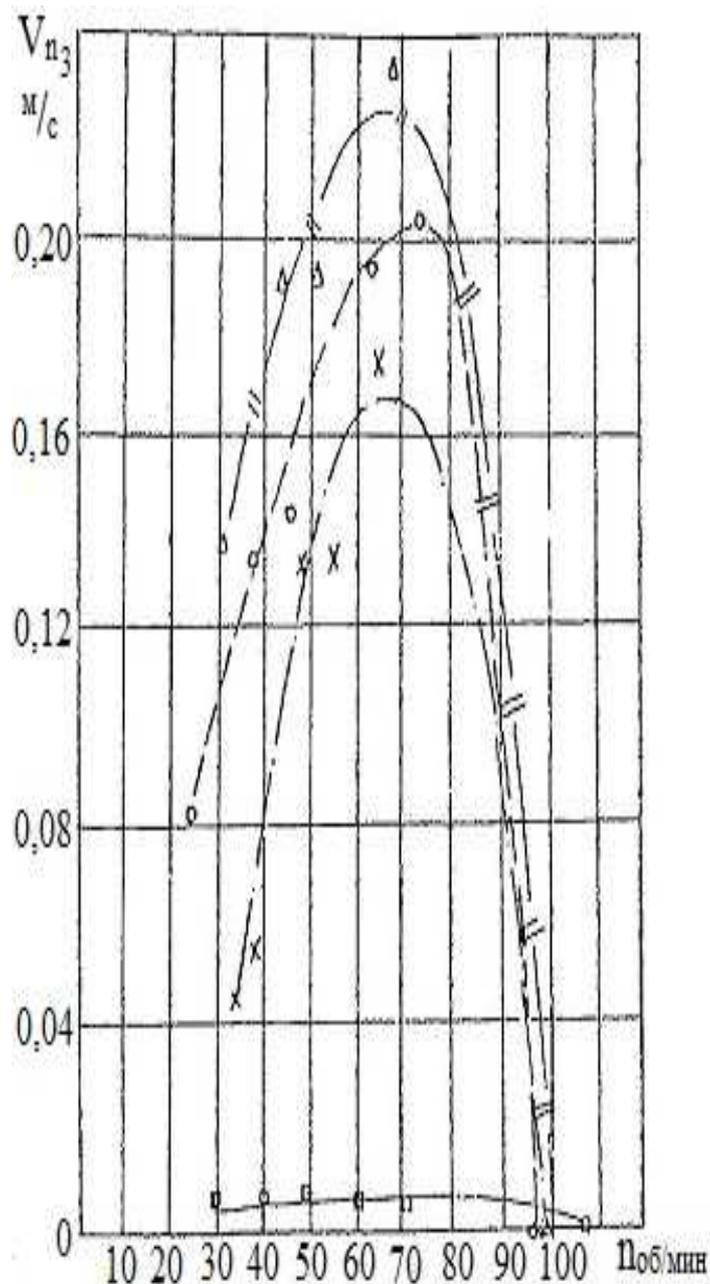


Рисунок 3 – Зависимости скорости перемещения обрабатываемых деталей в винтовых роторах (I класс ( $\alpha=20^{\circ}14'$ ) - —□; II класс - ---×; III класс - - - -○; IV класс - -"-Δ)

–в строительстве и производстве строительных материалов использование винтовых роторов обеспечивает повышение производительности в 1,1-1,5 раза, схемы и описание такого оборудования представлены в работах [4, 5, 6, 8, 11, 13, 14].

Для реализации результатов исследований представляется рабочая

документация на технологическое оборудование с использованием винтовых роторов.

### Литература

1. Пат. 2113337 Российская Федерация, МПК В24В 31/02. Устройство для абразивной обработки деталей / Г. В. Серга, Л. Н. Луговая, И.И. Табачук ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 96121168/02; завл. 22.10.1996; опубл. 20.06.1998.
2. Пат. 2121890 Российская Федерация, МПК В07В 1/22. Машина для сепарации сыпучих сред / Л. Н. Луговая, И.И. Табачук, Э.В. Кравченко, Г. В. Серга, А. В. Ляу ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 97113113/03 ; завл. 16.07.1997; опубл. 20.11.1998.
3. Пат. 2139150 Российская Федерация, МПК В07В 1/22. Барабанный грохот / Г. В. Серга, А. В. Ляу, А. Н. Иванов ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 98114703/03 ; завл. 28.07.1998; опубл. 10.10.1999.
4. Пат. 2172373 Российская Федерация, МПК е02d 5/56. Винтовая свая / Л. И. Сидоренко, А. В. Ляу, А. Н. Иванов, Г. В. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 99105148/03 ; завл. 15.03.1999; опубл. 20.08.2001.
5. Пат. 2228402 Российская Федерация, МПК Е02D5/56. Винтовая свая/ Серга Г.В., Резниченко С.М., Довжикова Н.Н., Кремьянский Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. - № 2002115673/03; завл 11.06.2002; опубл. 10.05.2004, Бюл. №02.
6. Пат. 2398678 Российская Федерация, МПК В28С 5/20. Вибрационный бетоносмеситель / В. Д. Таратута, В.В. Цыбулевский, Г. В. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2009111958/03; завл. 31.03.2009; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 25.
7. Пат. 2266155 Российская Федерация, МПК В01D 45/12. Завихритель / Г. В. Серга, Д.В. Квиткин, А.В. Фоменко, Ю.Б. Сычев ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2004120796/15 ; завл. 07.07.2004; опубл. 20.12.2005, Бюл. № 35.
8. Пат. 1360814 Российская Федерация, МПК В07В 1/00. Барабанный грохот / Г. В. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Армавирский государственный педагогический институт. – № 3964191 ; завл. 09.10.1985; опубл. 23.12.1987.
9. Пат. 2027130 Российская Федерация, МПК F26В11/04. Сушилка для куриного помета / Г. В. Серга, К.В. Филин ; заявитель и патентообладатель Серга Георгий Васильевич, Филин Константин Владимирович. – № 5005024/06; завл. 10.09.1991; опубл. 20.01.1995.

10. Пат. 2391808 Российская Федерация, МПК А01D 41/00, А01F 7/06, А01F 12/18. Прямоточный зерноуборочный комбайн / Г. В. Серга, В.В. Цыбулевский, В. Д. Таратута ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2008148639/12; завл. 09.12.2008; опубл. 20.06.2010, Бюл. № 17.

11. Пат. 2209669 Российская Федерация, МПК В02С17/04. Барабанная мельница Г. В. Серга, Н. Н. Довжикова, Р.А. Диков ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.– № 2002101215/03; завл 08.01.2002; опубл. 08.01.2002.

12. Пат. 2494601 Российская Федерация, МПК А01D 41/00, А01F 7/06, А01F 12/18. Комбайн зерноуборочный прямоточный/ В. Д. Таратута, В.В. Цыбулевский, Г. В. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2012121216/13; завл. 23.05.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28.

13. Пат. 2164450 Российская Федерация, МПК В07В1/22. Барабанный грохот/ А. Н. Иванов, А.В. Ляу, Г. В. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.– № 99111994/03; завл 03.06.1999; опубл. 27.03.2001.

14. Пат. 2209670 Российская Федерация, МПК В02С17/04. Трубная мельница / Г. В. Серга, С. М. Резниченко, Ф.Ф. Кремьянский ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.– № 2002101217/03; завл 08.01.2002; опубл. 08.01.2002.

15. Пат. 2220896 Российская Федерация, МПК В65G33/26. Устройство для транспортирования материалов / Г. В. Серга, Н. Н. Довжикова, Ф.Ф. Кремьянский Р.А. Диков ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.– № 2002112173/03; завл 06.05.2002; опубл. 10.01.2004.

16. Пат. 2228252 Российская Федерация, МПК В24В31/06. Устройство для вибрационной обработки длинномерных деталей / А.П. Бабичев, И. А. Бабичев, Г. В. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.– № 2002135225/02; завл 25.12.2002; опубл. 10.05.2004.

### References

1. Pat. 2113337 Rossij-skaja Federacija, MPK V24V 31/02. Ustrojstvo dlja abrazivnoj obrabotki detalej / G. V. Serga, L. N. Lugovaja, I.I. Tabachuk ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 96121168/02; zavl. 22.10.1996; opubl. 20.06.1998.

2. Pat. 2121890 Rossij-skaja Federacija, MPK V07V 1/22. Mashina dlja separacii sypuchih sred / L. N. Lugovaja, I.I. Tabachuk, Je.V. Kravchenko, G. V. Serga, A. V. Ljau ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 97113113/03 ; zavl. 16.07.1997; opubl. 20.11.1998.

3. Pat. 2139150 Rossij-skaja Federacija, MPK V07V 1/22. Barabannyj grohot / G. V. Serga, A. V. Ljau, A. N. Ivanov ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe

uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 98114703/03 ; zavl. 28.07.1998; opubl. 10.10.1999.

4. Pat. 2172373 Rossij-skaja Federacija, MPK e02d 5/56. Vintovaja svaja / L. I. Sidorenko, A. V. Ljau, A. N. Ivanov, G. V. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 99105148/03 ; zavl. 15.03.1999; opubl. 20.08.2001.

5. Pat. 2228402 Rossij-skaja Federacija, MPK E02D5/56. Vintovaja svaja/ Serga G.V., Rezni-chenko S.M., Dovzhikova N.N., Kre-mjanskij F.F.; zajavitel' i paten-toobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. - № 2002115673/03; zajavl 11.06.2002; opubl. 10.05.2004, Bjul. №02.

6. Pat. 2398678 Rossij-skaja Federacija, MPK B28C 5/20. Vibracionnyj betonosmesitel' / V. D. Taratuta, V.V. Cybulevskij, G. V. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2009111958/03; zavl. 31.03.2009; opubl. 10.09.2010, Bjul. № 25.

7. Pat. 2266155 Rossij-skaja Federacija, MPK B01D 45/12. Zavihritel' / G. V. Serga, D.V. Kvitkin, A.V. Fomenko, Ju.B. Sychev ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2004120796/15 ; zavl. 07.07.2004; opubl. 20.12.2005, Bjul. № 35.

8. Pat. 1360814 Rossij-skaja Federacija, MPK B07B 1/00. Barabannyj grohot / G. V. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Armavirskij gosudarstvennyj pedagogicheskij institut. – № 3964191 ; zavl. 09.10.1985; opubl. 23.12.1987.

9. Pat. 2027130 Rossij-skaja Federacija, MPK F26B11/04. Sushilka dlja kurinogo pome-ta / G. V. Serga, K.V. Filin ; zajavitel' i patentoobladatel' Serga Georgij Vasil'evich, Filin Konstantin Vladimirovich. – № 5005024/06; zavl. 10.09.1991; opubl. 20.01.1995.

10. Pat. 2391808 Rossij-skaja Federacija, MPK A01D 41/00, A01F 7/06, A01F 12/18. Prjamotochnyj zernouborochnyj kombajn / G. V. Serga, V.V. Cybulevskij, V. D. Taratuta ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2008148639/12; zavl. 09.12.2008; opubl. 20.06.2010, Bjul. № 17.

11. Pat. 2209669 Rossij-skaja Federacija, MPK B02C17/04. Barabannaja mel'nica G. V. Serga, N. N. Dovzhikova, R.A. Dikov ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.– № 2002101215/03; zavl 08.01.2002; opubl. 08.01.2002.

12. Pat. 2494601 Rossij-skaja Federacija, MPK A01D 41/00, A01F 7/06, A01F 12/18. Kombajn zernouborochnyj prjamotochnyj/ V. D. Taratuta, V.V. Cybulevskij, G. V. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2012121216/13; zavl. 23.05.2012; opubl. 10.10.2013, Bjul. № 28.

13. Pat. 2164450 Rossij-skaja Federacija, MPK B07B1/22. Barabannyj grohot/ A. N. Ivanov, A.V. Ljau, G. V. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.– № 99111994/03; zavl 03.06.1999; opubl. 27.03.2001.

14. Pat. 2209670 Rossij-skaja Federacija, MPK B02C17/04. Trubnaja mel'nica / G. V. Serga, S. M. Reznichenko, F.F. Kremjanskij ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.– № 2002101217/03; zavl 08.01.2002; opubl. 08.01.2002.

15. Pat. 2220896 Rossijskaja Federacija, MPK B65G33/26. Ustrojstvo dlja transportirovanija materialov / G. V. Serga, N. N. Dovzhikova, F.F. Kremjanskij R.A. Dikov ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professio-nal'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.– № 2002112173/03; zavl 06.05.2002; opubl. 10.01.2004.

16. Pat. 2228252 Rossijskaja Federacija, MPK B24B31/06. Ustrojstvo dlja vibracionnoj obrabotki dlinnomernyh detalej / A.P. Ba-bichev, I. A. Babichev, G. V. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professio-nal'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet.– № 2002135225/02; zavl 25.12.2002; opubl. 10.05.2004.