

УДК 621.024

<sup>1</sup>В. А. Лебедев, канд.техн.наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»,

<sup>2</sup>Г. В. Серга, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. НГи Г

<sup>1</sup>Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Россия;

<sup>2</sup>Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина;

<sup>1</sup>Тел. +7 951 539-51-59; E-mail: [va.lebedev@yandex.ru](mailto:va.lebedev@yandex.ru)

<sup>2</sup>Тел. +89184107955; E-mail: [serga-georgy@mail.ru](mailto:serga-georgy@mail.ru)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ В ВИДЕ ВИНТОВЫХ РОТОРОВ С ФАСОННЫМ ПЕРИМЕТРОМ

*В статье представлены результаты проведенных исследований по совершенствованию процесса отделочно-упрочняющей обработки. Предложены рабочие органы станков в виде винтовых роторов с фасонной поверхностью по периметру. Поиск конструкций комбинированных винтовых роторов с фасонной поверхностью по периметру выполнялся методами начертательной геометрии и инженерной графики с помощью программного комплекса «Компас- 3D». Конструкция и принцип работы станков на базе рабочих органов в виде комбинированных винтовых роторов с фасонной поверхностью по периметру, показан на примере станка для отделочно-упрочняющей обработки. В разработанной классификации рабочих органов станков в виде комбинированных винтовых роторов с разнообразной поверхностью по периметру, представлены разновидности их форм: волнообразная, треугольная, многоугольная, полукруглая, которые, в свою очередь, подразделяются на формы: цилиндрические, конические, выпуклые, вогнутые.*

**Ключевые слова:** рабочий орган, комбинированный ротор, фасонная поверхность по периметру, масса загрузки, карманы полукруглой формы

V. A. Lebedev, G. V. Serga

## IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT WITH THE WORKING BODIES IN THE FORM OF A SCREW ROTOR WITH A SHAPED PERIMETER

*The article presents the results of studies to improve the process of finishing and hardening treatment. The working bodies of machines in the form of screw rotors with shaped surface around the perimeter are proposed. The search for designs of combined screw rotors with a shaped surface along the perimeter was performed by methods of descriptive geometry and engineering graphics using the software complex "Compass - 3D". The design and principle of operation of machines based on the working bodies in the form of combined screw rotors with a shaped surface around the perimeter, is shown by the example of a machine for finishing and hardening treatment. In the developed classification of the working bodies of the machines in the form of combined screw rotors with a diverse surface around the perimeter, there are varieties of their forms: wavy, triangular, polygonal, semicircular, which, in turn, are divided into forms: cylindrical, conical, convex, concave.*

**Keywords:** working body, combined rotor, shaped surface along the perimeter, loading weight, semicircular pockets

### 1. Введение.

Особенностью технологического оборудования на базе рабочих органов в виде комбинированных винтовых роторов с фасонным периметром и карманами полукруглой формы является то, что они созданы методами начертательной геометрии и инженерной графики и позволяют придавать предметам обработки (деталю и частицам рабочих сред) движение с большой амплитудой за счет оригинальной формы комбинированных винтовых роторов с карманами полукруглой формы. В результате их применения обеспечивается повышение производительности, уменьшение энергозатрат и расходов на единицу готовой продукции [1-12].

Следует отметить, что все представленные в статье образцы оборудования относятся к машинам четвертого класса, т. е. к машинам и технологиям будущего, в которых, согласно классификации академика Кошкина Л. Н., предметы обработки обрабатываются пространством.

## 2. Основное содержание и результаты работы

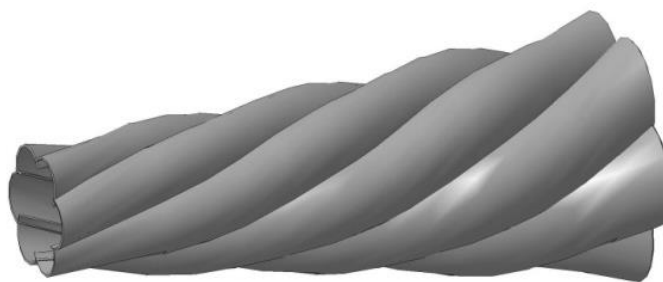
В результате выполненных исследований предлагается классификация рабочих органов станков в виде комбинированных винтовых роторов (рис. 1).



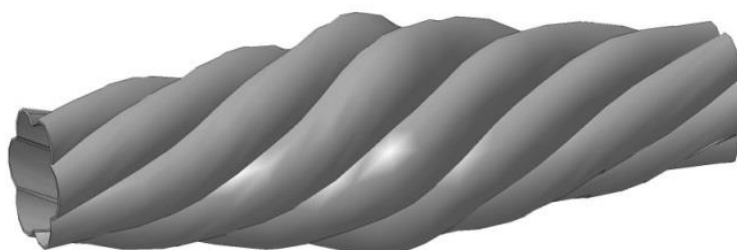
Рисунок 1. Классификация рабочих органов в виде комбинированных винтовых роторов с разнообразной формой поверхности по периметру

Для наглядности на рис. 2 представлены выполненные с помощью программного комплекса «Компас-3D» роторы:

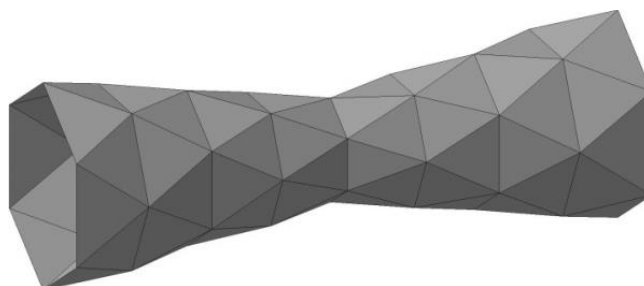
а) Комбинированный винтовой ротор с конической фасонной поверхностью по периметру и внутри карманами полукруглой формы;



б) Комбинированный винтовой ротор с выпуклой фасонной поверхностью по периметру и внутри карманами полукруглой формы;



в) Комбинированный винтовой ротор с вогнутой фасонной поверхностью и карманами многоугольной формы;



г) Комбинированный винтовой ротор с цилиндрической фасонной поверхностью по периметру и внутри карманами полукруглой формы;

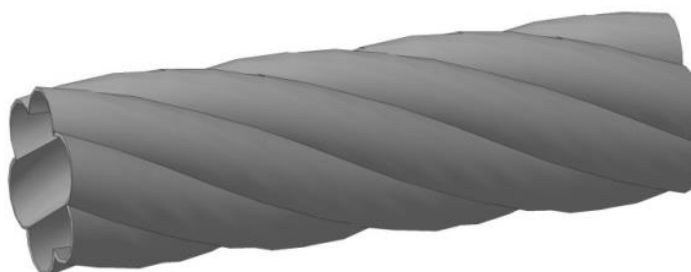


Рисунок 2. Примеры наглядного изображения комбинированных винтовых роторов с разнообразной поверхностью по периметру

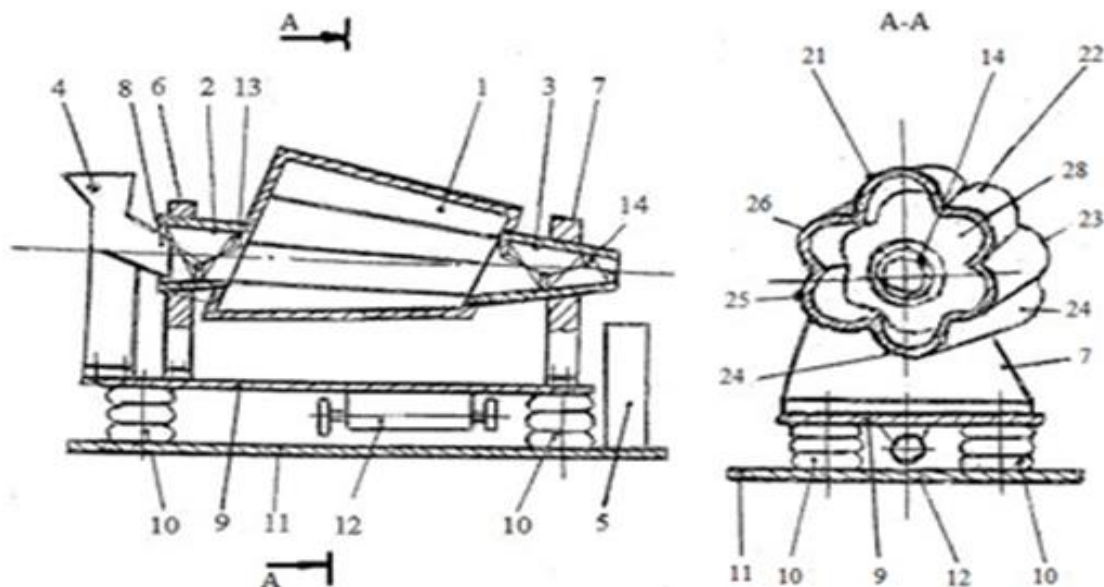


Рисунок 3. Станок для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки

Станок для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки (рис. 3) состоит из комбинированного винтового ротора с фасонной поверхностью по периметру и карманами полукруглой формы 1 снабженного загрузочной и разгрузочной цапфами 2 и 3, средства загрузки и разгрузки 4 и 5. На рис. 3 привод не показан.

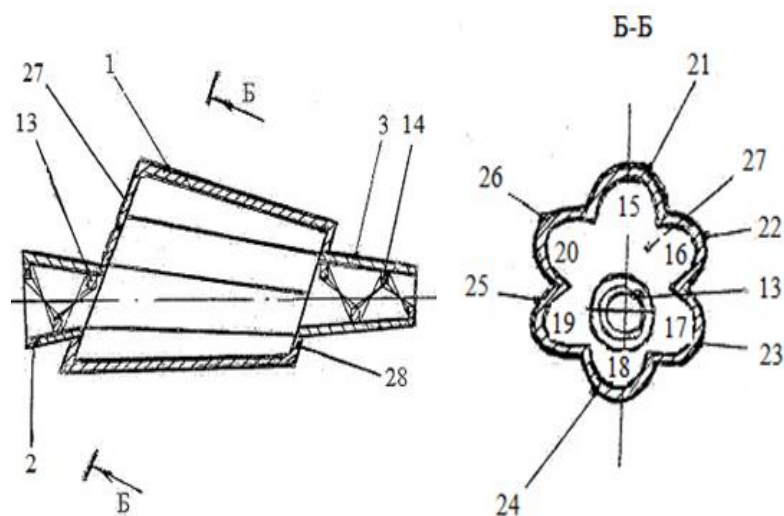


Рисунок 4. Комбинированный винтовой ротор с конической фасонной поверхностью по периметру и внутри карманами полукруглой формы.

Комбинированный винтовой ротор с карманами полукруглой формы 1 вращается в подшипниковых опорах 6 и 7 и вместе с загрузочным средством 4, подшипниковыми опорами 6 и 7 с комбинированном винтовом ротором 1 закреплены на платформе 9, которая подвешена на четырех пневмобаллонах 10, смонтированных на станине 11. Снизу к платформе 9 прикреплен вибратор 12. В загрузочной 2 и разгрузочной 3 цапфах конической формы жестко

закреплены по их внутренним диаметрам витками прямоугольного сечения 13 и 14.

Комбинированный ротор с карманами полукруглой формы 1 (рис. 4) по внутреннему периметру снабжен карманами криволинейной формы 15, 16, 17, 18, 19, 20, а по наружному периметру выполнен с чередующимися выступами криволинейной формы 21, 22, 23, 34, 25, 26, которые по размерам и форме соответствуют карманам 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Плоские торцевые стенки 27 и 28 комбинированного винтового ротора 1 снабжены по периметру образующими в виде чередующихся выступов криволинейной формы, соответствующие форме и размерам чередующихся выступов 21, 22, 23, 34, 25, 26 наружного периметра поверхности комбинированного ротора 1. На рис. 5 показано, что большие оси эллипсов АВ и CD повернуты относительно друг друга на угол  $\beta$ .

Станок для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки работает следующим образом.

При вращении комбинированного винтового ротора с карманами полукруглой формы 1 обрабатываемые детали совместно с рабочими телами (массы загрузки) непрерывным потоком, посредством средства для загрузки 4, загружаются внутрь конической загрузочной цапфы 2 и, с помощью витков прямоугольного сечения 13, загружаются во вращающийся комбинированный винтовой ротор с карманами полукруглой формы 1.

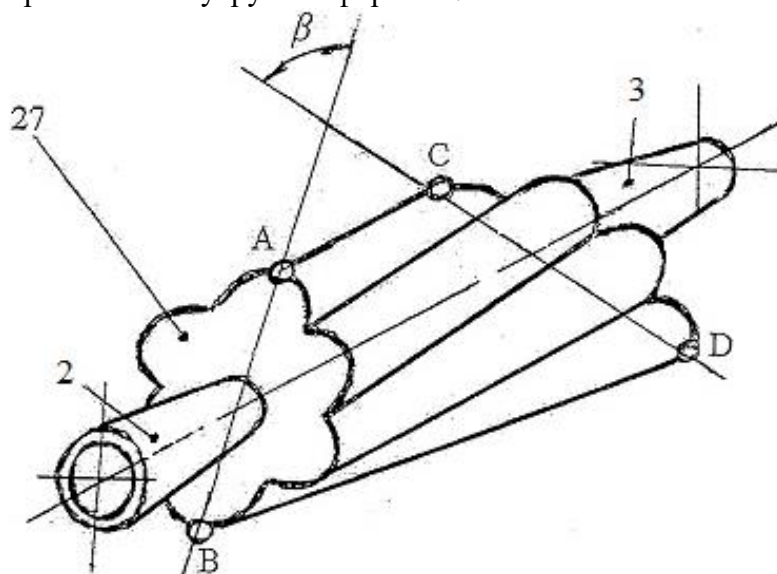


Рисунок 5. Наглядное изображение комбинированного винтового ротора с конической фасонной поверхностью по периметру и внутри карманами полукруглой формы.

Центры симметрии комбинированного винтового ротора 1 внутренней поверхности в каждом его элементе поперечного сечения смещены относительно оси вращения, что нарушает не только скорость и направление движения масс загрузки, но еще и способствует созданию эксцентриситета и возбуждению низкочастотных колебаний с большой амплитудой комбинированного ротора с карманами полукруглой формы 1 совместно с платформой 9 и размещенными внутри комбинированного ротора с карманами

полукруглой формы 1 обрабатываемыми деталями и частицами рабочими сред. Включается вибратор 12, который создает высокочастотные колебания с малой амплитудой.

Совместное воздействие высокочастотных колебаний с малой амплитудой на предметы обработки и низкочастотных колебаний с большой амплитудой, а также нарушения скорости и направления движения масс загрузки повышает производительность и расширяет технологические возможности.

Комбинированный винтовой ротор 1 выполнен наклонным и ограничен плоскими торцевыми стенками 27 и 28, имеющих эллиптическую форму и расположенных параллельно друг другу, поэтому массу загрузки при вращении комбинированного винтового ротора, совершают движение по эллиптическим траекториям в вертикальной плоскости, а в горизонтальной плоскости – возвратно-поступательное с наложением на эти движения низкочастотных колебаний, возбуждаемых асимметричным положением комбинированного винтового ротора 1 (наклонно, относительно горизонтальной оси вращения), и одновременного воздействия на них колебаний в трех взаимно перпендикулярных направлениях, а также чередующимися карманами криволинейной формы по периметру комбинированного винтового ротора 1.

В результате стационарность движения масс нарушается, активная их зона смещается и меняется за один оборот комбинированного винтового ротора. Загрузки не стационарна, в результате нарушения упорядоченности процесса движения масс загрузки, движение их становится более активным, ликвидируются зоны малоподвижности, возрастает энергоемкость соударений обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред между собой и со стенками по периметру криволинейной формы комбинированного винтового ротора 1 и также торцевыми стенками 27 и 28. Это обеспечивает повышение производительности, расширение технологических возможностей. Расположение торцевых стенок 27 и 28, с повернутыми друг относительно друга большими осями эллипсов АВ и CD на угол  $\beta$  существенно меняет направление движения масс загрузки вдоль оси вращения комбинированного винтового ротора 1 и создает зоны различного давления торцевых стенок 27 и 28 на массы загрузки. Усложнению траекторий перемещений масс загрузки способствуют также карманы полукруглой формы 15, 16, 17, 18, 19, 20 по внутреннему периметру комбинированного винтового ротора 1, которые захватывают порции масс загрузки при вращении комбинированного винтового ротора 1, поднимают выше угла естественного откоса и бросают на противоположные стенки комбинированного винтового ротора 1, навстречу вращающимся карманам по периметру комбинированного винтового ротора 1, увеличивая, таким образом, частоту и энергоемкость взаимодействия обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред, что повышает производительность и расширяет технологические возможности. Обработанные детали и частицы рабочих сред, с помощью конической разгрузочной цапфы 3 и жестко закрепленных по ее внутреннему диаметру витками прямоугольного сечения 14, выводятся в средство для выгрузки 5.

Опыты подтвердили эффективность выполнения отделочно-зачистной обработки деталей на рассмотренных выше конструкциях технологического оборудования и показали, что время обработки таких деталей по снятию заусенцев и скруглению кромок может быть снижено до 4-5 минут по сравнению с обработкой на вибрационных станках.

### 3. Заключение

Технико-экономические преимущества обеспечиваются не только за счет того, что комбинированный ротор 1 по внутреннему периметру снабжен карманами полукруглой формы, но того что он снабжены по периметру образующими в виде чередующихся выступов криволинейной формы, соответствующие форме и размерам чередующихся выступов наружного периметра поверхности комбинированного ротора, причем комбинированный ротор со средством для загрузки смонтирован на платформе, к которой снизу прикреплен вибратор и снабжен загрузочной и разгрузочной цапфами конической формы с жестко закрепленными по их внутренним диаметрам витками прямоугольного сечения, что позволяет повысить производительность, расширить технологические возможности за счет одновременного воздействия на массы загрузки высокочастотных колебаний с малой амплитудой и низкочастотных колебаний с большой амплитудой, а также нарушения скорости и направления движения масс загрузки при их встрече с карманами полукруглой формы.

### Результаты и обсуждения

Проведенная работа по созданию инновационного оборудования для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки позволила создать станки, содержащие упруго установленный на станине со средствами для загрузки и выгрузки рабочий орган, в виде названного нами комбинированным винтовым ротором, с торцевыми стенками эллиптической формы наклонно установленный относительно горизонта и приводом, снабженного по внутреннему периметру винтовыми карманами различной формы: треугольной, полукруглой, многоугольной, волнообразной и по наружному периметру выполненным с чередующимися винтовыми выступами треугольной, полукруглой, многоугольной, волнообразной формы.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пат. № 2672974 Российская Федерация, МПК В24В 31/023. Устройство для отделочно-упрочняющей обработки / Лебедев В. А., Серга Г. В., Давыдова И. В., Штынь С. Ю.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет». № 2017144229; заявл. 18.12.17; опубл. 21.11.18, Бюл. № 33.

2. Пат. № 2519398 Российская Федерация, МПК В24В 31/02. Станок для химико-отделочно-упрочняющей обработки деталей / Серга Г. В., Иванов В. В., Лебедев В. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2013106597/02; заявл. 14.12.13; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.

3. Пат. № 2528291 Российская Федерация, МПК В24В 31/02. Устройство для отделочно-упрочняющей обработки / Серга Г. В., Лебедев В. А., Иванов В. В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный

аграрный университет». – № 2013106599/02; заявл. 14.02.13; опубл. 10.09.14, Бюл. № 25.

4. Пат. № 2572685 Российская Федерация, МПК В24В 31/02. Устройство для отделочно–зачистной обработки / Марченко А. Ю., Иванов А. Н., Лебедев В. А., Иванов В. В., Серга Г. В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2014129160/02; заявл. 15.07.14; опубл. 20.01.16, Бюл. № 2.

5. Пат. № 2613517 Российская Федерация, МПК В01F 13/08. Аппарат вихревого слоя непрерывного действия / Серга Г. В., Кочубей А.А., Лебедев В. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2016110382/02; заявл. 21.03.16; опубл. 16.03.17, Бюл. № 8.

6 Пат. № 2614009 Российская Федерация, МПК В01F 13/08. Аппарат вихревого слоя / Серга Г. В., Кочубей А.А., Лебедев В. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2015153707; заявл. 14.12.15; опубл. 22.03.17, Бюл. № 9.

7 Пат. № 2614013 Российская Федерация, МПК В01F 13/08. Аппарат слоя вихревого / Серга Г. В., Кочубей А.А., Лебедев В. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2016110238; заявл. 21.03.16; опубл. 22.03.17, Бюл. № 9.

8 Пат. № 2618568 Российская Федерация, МПК В01F 13/08. Аппарат трубный вихревого слоя / Серга Г. В., Кочубей А.А., Лебедев В. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2016108190; заявл. 09.03.16; опубл. 04.05.17, Бюл. № 13.

9. Серга, Г. В. Внедрение идеологии Л. Н. Кошкина в виброупрочняющей технологии на примере винтовых роторов / Г. В. Серга, В. А. Лебедев // Вестник РГТУ им. П. А. Соловьева. – Рыбинск, 2017. – № 2(41). – С. 126-132.

10. Lebedev, V. A. Increase of efficiency of finishing-cleaning and hardening processing of details based on rotor-screw technological systems / V. A. Lebedev, G.V. Serga, A.V. Khandozhko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – №327, 042062 – doi:10.1088/1757-899X/327/4/042062.

11. Lebedev, V. A. Method for calculating the power of a rotor-screw machines / V.A. Lebedev, G.V. Serga, I.V. Davydova, T.V. Atoyan, Irina G., Koshlyakova and A.V. Gordienko // MATEC Web Conf., 226 (2018) 01007 DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822601007>

12. Lebedev, V. A. Main trends in intensification of rotor-screw processing of parts / V.A. Lebedev, G.V. Serga, I.V. Davydova, T.V. Atoyan, Irina G., Koshlyakova and A.V. Gordienko // MATEC Web Conf. ,226 (2018) 01008 DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822601008>.

Поступила в редколлегию 30.04.2019 г.