

УДК 621.024

¹Г. В. Серга, д-р техн. наук, профессор, зав. каф. НГиГ²А. Н. Секисов, канд. экон. наук, доцент каф. ТОЭСиУН¹Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина²Кубанский государственный технический университет¹Тел.: + 89184480082; E-mail: alnikkss@gmail.com²Тел.: + 89184107955; E-mail: serga-georgy@mail.ru

СТАНКИ НА БАЗЕ КОМБИНИРОВАННЫХ РОТОРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В статье представлены результаты исследований по повышению эффективности и производительности отделочно-чистовой и упрочняющей обработки деталей машин. Поиск конструкций комбинированных винтовых роторов различной формы поверхности по периметру проводился методами начертательной геометрии и инженерной графики с использованием программного комплекса "Компас - ЗД". Конструкция и принцип работы оборудования на основе рабочих органов в виде комбинированных винтовых роторов с треугольной поверхностью по периметру, показан на примере станков для чистовой и упрочняющей обработки. В разработанной классификации рабочих частей оборудования в виде комбинированных винтовых роторов с разнообразной поверхностью по периметру различают разновидности их форм: волнистые, треугольные, многоугольные, фасонные в поперечном сечении и цилиндрические, конические, выпуклые, вогнутые в продольном сечении.

Ключевые слова: рабочий орган, комбинированный Ротор, треугольная, волнообразная поверхность по периметру, нагружающая масса

G. V. Serga, A. N. Sekisov

MACHINES ON THE BASIS OF THE COMBINED ROTORS IN MECHANICAL ENGINEERING

The article presents the results of studies to improve the efficiency and productivity of finishing and cleaning and hardening machining of parts of Masha. The search for designs of combined screw rotors of different surface shapes along the perimeter was carried out by methods of descriptive geometry and engineering graphics using the software complex "Compass - ZD". The design and principle of operation of the equipment on the basis of working bodies in the form of combined screw rotors with a triangular surface around the perimeter, is shown by the example of machines for finishing and cleaning and strengthening processing. In the developed classification of the working parts of the equipment in the form of combined screw rotors with a diverse surface around the perimeter, there are varieties of their forms: wavy, triangular, polygonal, shaped in cross section and cylindrical, conical, convex, concave in longitudinal section.

Keywords: working body, combined rotor, triangular, wave-like surface along the perimeter, loading weight

Разработка для машиностроения конструкций оборудования с комбинированными винтовыми рабочими органами обусловлена их особенностями, которые заключаются в том, что они созданы методами начертательной геометрии и графики и обеспечивают обрабатываемым деталям и частицам рабочих сред (в дальнейшем массам загрузки) движение с большой амплитудой.

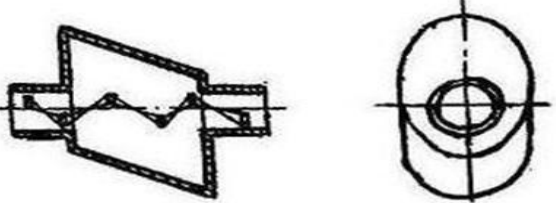
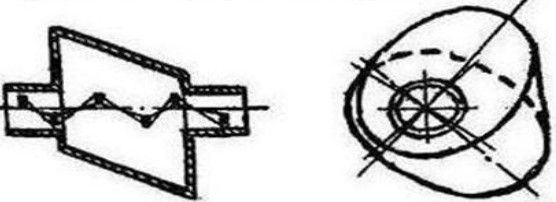
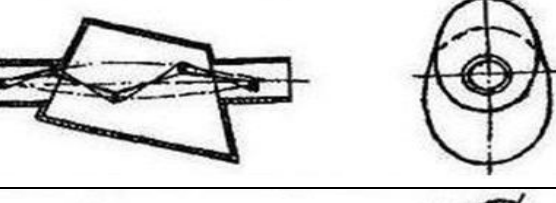
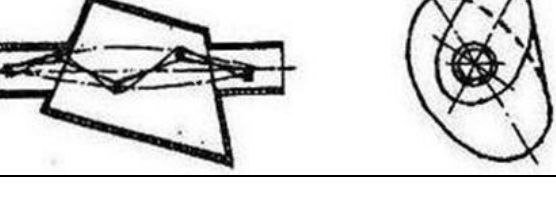
Произведены технологические, кинематические, энергетические, теплотехнические и прочностные расчеты, что позволило в статье представить образцы оборудования, прошедшие экспертизу патентного ведомства РФ (перечень полученных патентов на изобретения представлен в списке литературы).

В результате проведенных исследований разработана и предлагается классификация комбинированных винтовых рабочих органов в зависимости от формы их поверхности по периметру (рисунок.1). В таблицах 1-5 представлены их изображения с смонтированными внутри пружинами растяжения.



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

Таблица 1 – Классификация комбинированных рабочих органов условно-цилиндрической формы

Класс	Подкласс	Комбинированные рабочие органы условно цилиндрической формы
1	1	
	2	
	3	
	4	

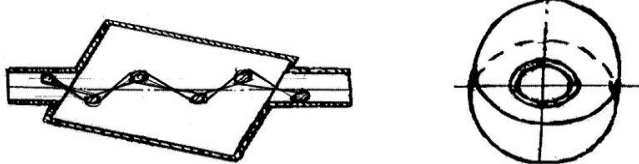

	5	
1	6	

Таблица 2. – Классификация комбинированных рабочих органов условно-конической формы

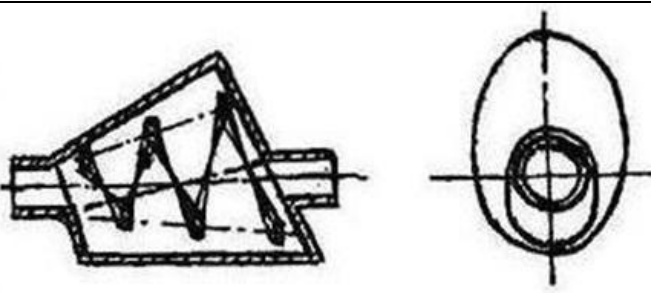
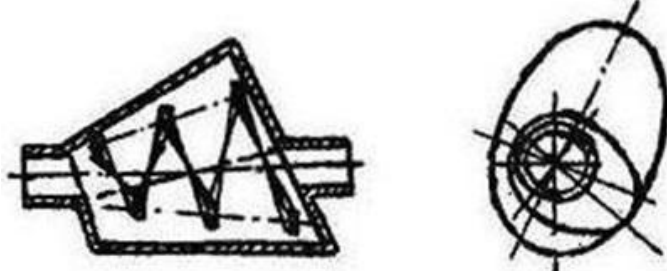
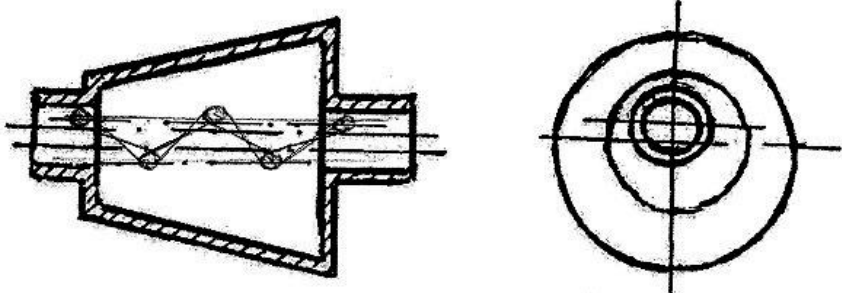
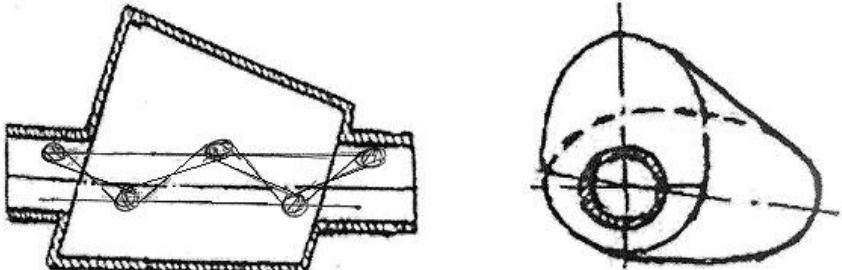
Класс	Подкласс	Комбинированные рабочие органы условно конической формы
1	1	
	2	
2	1	
3	1	

Таблица 3. – Классификация комбинированных рабочих органов условно-пространственной формы

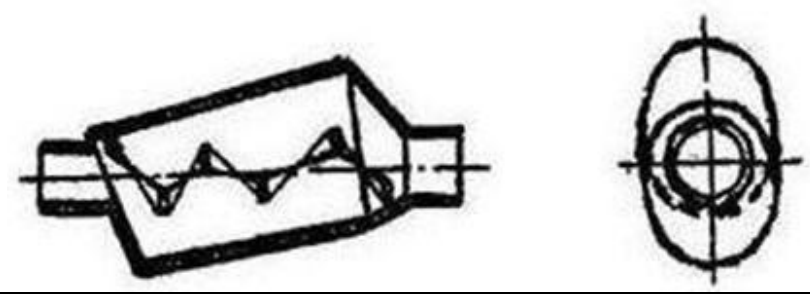
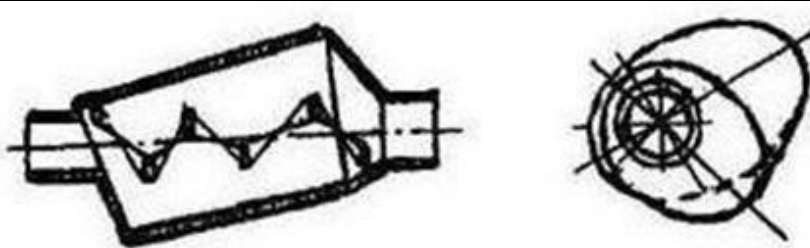
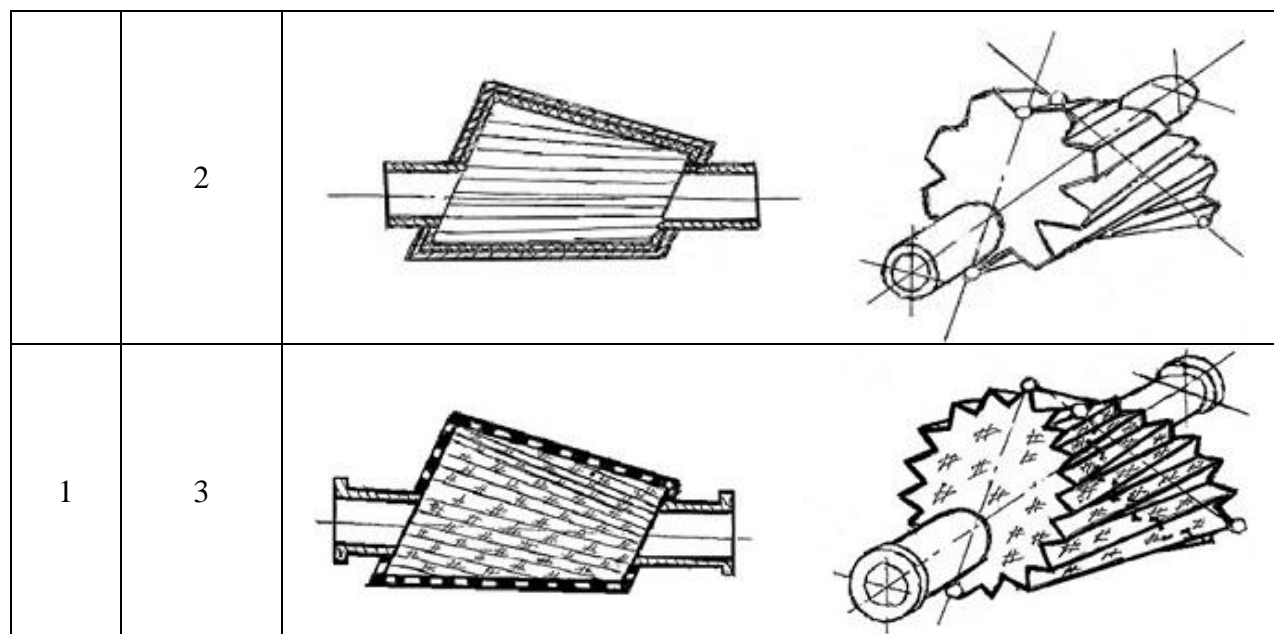
Класс	Подкласс	Комбинированные рабочие органы условно пространственной формы
1	1	
	2	

Таблица 4. – Классификация комбинированных рабочих органов условно-многогранной формы

Класс	Подкласс	Комбинированные рабочие органы условно многогранной формы
1	1	

Таблица 5. – Классификация комбинированных рабочих органов условно-конической многогранной формы

Класс	Подкласс	Комбинированные рабочие органы условно конической многогранной формы
1	1	



Анализируя классификацию и конструктивные особенности рабочих органов станков в виде комбинированных винтовых роторов можно отметить, что с помощью смонтированных по их периметру плоских или криволинейных элементов масс загрузки придается движение с большой амплитудой 500-1000 мм и выше, при этом они подвергаются дополнительному воздействию противоположными стенками рабочего органа, которые движутся навстречу вращающимся карманам различной формы. За счет дебаланса массы комбинированного винтового ротора 1 и размещенных внутри него обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред, платформы 9, упруго установленной на станине 11, создаются высокочастотные колебания с малой амплитудой, которые тоже воздействуют на процесс взаимодействия обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред, увеличивая, таким образом, частоту и энергоемкость их взаимодействия.

Выполним поиск конструкций периметра комбинированных винтовых роторов с помощью программного комплекса «Компас - 3D», точнее, смоделируем некоторые разновидности их периметра и поперечные сечения размещенной внутри массы загрузки (рис. 2).

За счет оформления по периметру комбинированных роторов различными криволинейными поверхностями с карманами различной формы по внутреннему периметру, обрабатываемым деталям и частицам рабочих сред сообщаются:

- движения с большой амплитудой 500-1000 мм и выше при вращательном движении комбинированного винтового ротора;
- высокочастотные движения с малой амплитудой за счет дебаланса масс упруго установленной на станине станка платформы с закрепленным на ней самого комбинированного винтового ротора, с размещенными внутри него обрабатываемыми деталями и частицами рабочих сред;
- не стационарность движения масс загрузки усугубляется расположением торцевых стенок комбинированного винтового ротора;
- движения, усложнению траекторий которых способствуют витки пружин, закрепленных внутри комбинированных винтовых роторов;

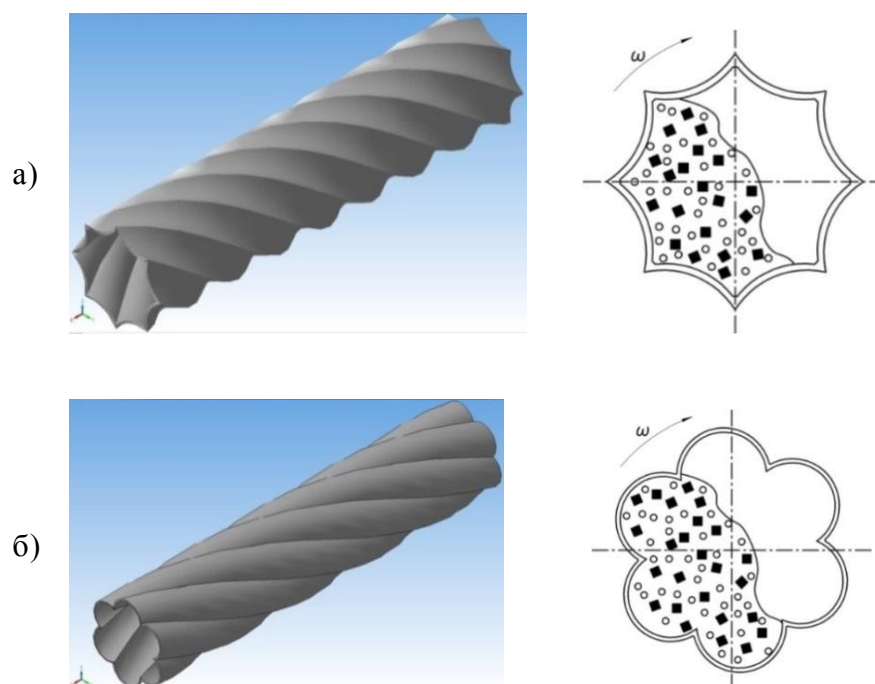


Рисунок 2. Наглядные изображения периметра и сечения комбинированных роторов с карманами различной формы и винтовыми поверхностями, расположенными: а) – снаружи периметра комбинированного винтового ротора, б) – внутри периметра комбинированного винтового ротора

- движения, усложнению траекторий которых способствуют карманы различной формы по внутреннему периметру комбинированного винтового ротора, которые захватывают порции масс загрузки при его вращении, поднимают выше угла естественного откоса и бросают на противоположные стенки комбинированного винтового ротора, навстречу вращающимся карманам, увеличивая, таким образом, частоту и энергоёмкость взаимодействия обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред.

Такое многообразное и одновременное силовое воздействие на обрабатываемые детали и частицы рабочих сред позволяет расширить технологические возможности технологических процессов, повысить производительность станков на базе комбинированных винтовых роторов, что подтверждается опытами.

На рис. 3 представлен станок для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки.

Рабочий орган станка в виде комбинированного винтового ротора 1 (рис. 3) выполнен коническим, в виде винтового наклонного усеченного конуса с волнообразной боковой поверхностью по его периметру, с плоскими основаниями в виде торцевых щёк эллиптической формы 15 и 16, смонтированными под острым углом β одна к другой и под разными острыми углами ψ и φ к оси вращения комбинированного винтового ротора, при этом, комбинированный винтовой ротор 1 установлен под острым углом к оси его вращения и снабжен загрузочной и разгрузочной цапфами 5 и 6 конической формы с уклоном в сторону выгрузки и, жестко закрепленными по их внутренним диаметрам коническими пружинами 13 и 14, с витками круглого сечения и уклоном в сторону выгрузки, причём большие оси $i_1 - i_1$ и $i_2 - i_2$ (рис. 4) торцевых щёк 15 и 16 комбинированного винтового ротора 1 повернуты относительно друг друга на острый угол ω ,

при этом волнообразная боковая поверхность по его периметру сгибается с образованием винтовых поверхностей. По периметру выгрузной цапфы 6 выполнены отверстия 17, позволяющие отделять в средство для отходов 4 отходы производства (заусенцы, облой, окалину) от обработанных деталей, которые выгружаются в емкость 3. В загрузочной цапфе 5 и разгрузочной 6 закреплены конические пружины 13 и 14.

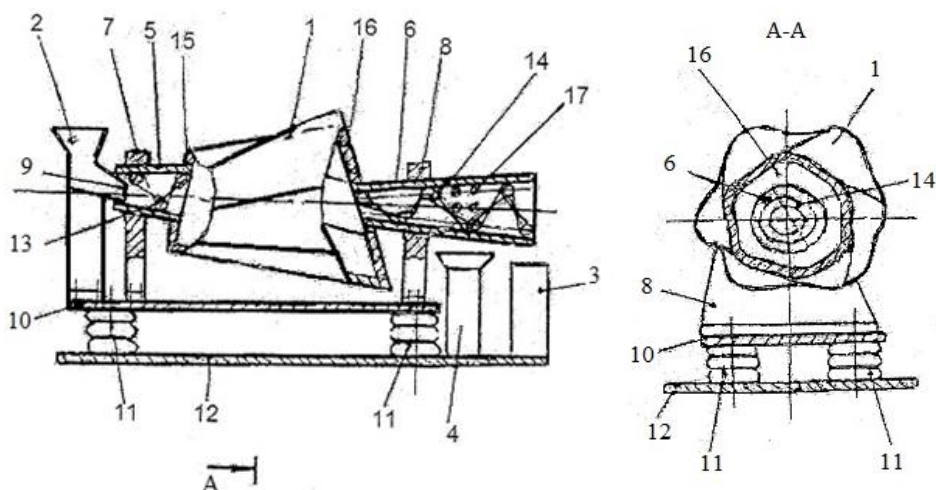


Рисунок 3. Станок для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки (2 – средство для загрузки, 7 и 8 – подшипниковые опоры, 9 – носок загрузочного средства, 11 – упругие элементы)

При вращении комбинированного винтового ротора 1 создается эксцентриситет и массам загрузки сообщаются низкочастотные колебания с большой амплитудой. Этому способствуют волнообразная боковая поверхность комбинированного винтового ротора 1 и карманы криволинейной формы по его внутреннему периметру, которые захватывают порции масс загрузки при вращении комбинированного винтового ротора 1, поднимают выше угла естественного откоса и бросают на его противоположные стенки навстречу вращающейся волнообразной боковой

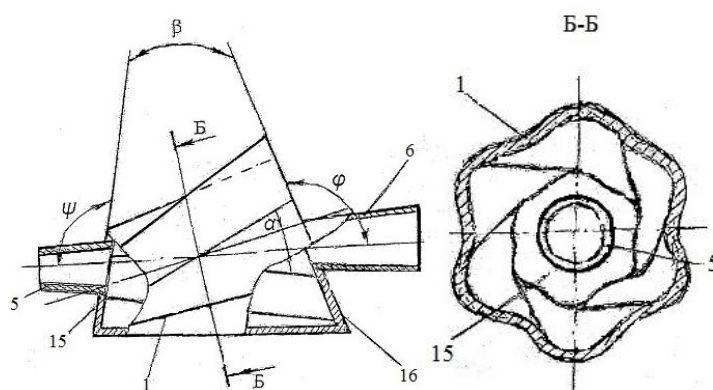


Рисунок 4. Комбинированный винтовой ротор с волнообразной поверхностью по периметру

поверхности и карманам криволинейной формы 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.

При этом, за счет дебаланса масс комбинированного винтового ротора 1, размещенных внутри него обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред, платформы 10, упруго установленной на станине 12, создаются высокочастотные колебания с малой амплитудой.

Поэтому, совместное одновременное воздействие на обрабатываемые детали и частицы рабочих сред высокочастотных колебаний с малой амплитудой и низкочастотных колебаний с большой амплитудой, а также нарушения скорости и направления движения масс загрузки повышает производительность и расширяет технологические возможности.

На рис. 6 и 7 представлен один из сменных комбинированных винтовых роторов для станка для ОЗУО (рис. 3), например, для обработки жестких деталей.

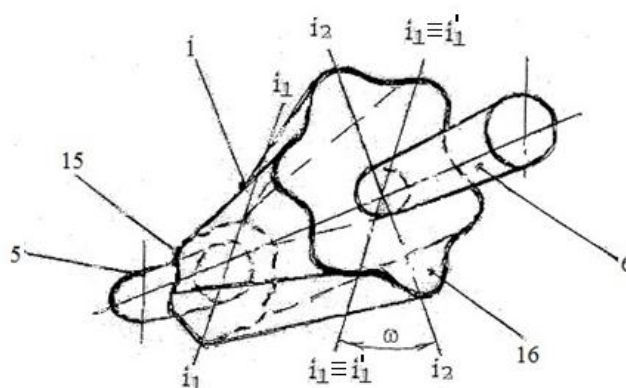


Рисунок 5. Наглядное изображение комбинированного винтового ротора с волнообразной поверхностью по периметру.

Посредством средства для загрузки 4 обрабатываемые детали и частицы рабочих сред загружаются внутрь комбинированного винтового ротора 1 и им сообщаются низкочастотные колебания с большой амплитудой. Этому способствуют винтовая треугольная боковая поверхность по периметру комбинированного винтового ротора 1 и кар

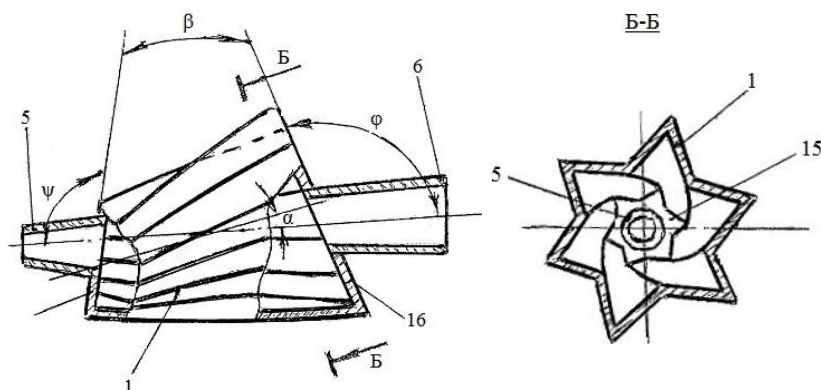


Рисунок 6. Комбинированный винтовой ротор с винтовой треугольной боковой поверхностью по периметру и карманами треугольной формы по внутреннему периметру

маны треугольной формы по его внутреннему периметру, которые захватывают порции масс загрузки при его вращении, поднимают выше угла естественного откоса и бросают на противоположные стенки комбинированного ротора 1, навстречу вращающейся винтовой треугольной боковой поверхности и карманам треугольной формы по периметру комбинированного винтового ротора 1, увеличивая, таким образом, частоту и энергоемкость взаимодействия обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред.

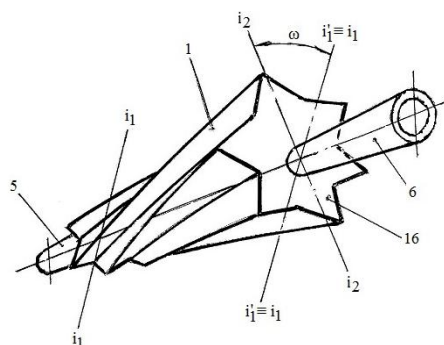


Рисунок 7. Наглядное изображение комбинированного винтового ротора с винтовой треугольной боковой поверхностью по периметру и карманами треугольной формы по внутреннему периметру

При этом, за счет дебаланса масс комбинированного ротора 1 и размещенных внутри него обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред, а также массы средства для загрузки 2 и платформы 9 упруго установленных на станине 11 создаются высокочастотные колебания с малой амплитудой. Одновременное воздействие высокочастотных колебаний с малой амплитудой и низкочастотных колебаний с большой амплитудой, а также нарушения скорости и направления движения масс загрузки, в том числе под воздействием разнонаклоненности торцевых стенок 15 и 16 и криволинейности винтовых канавок треугольной формы в продольном направлении по внутреннему периметру комбинированно

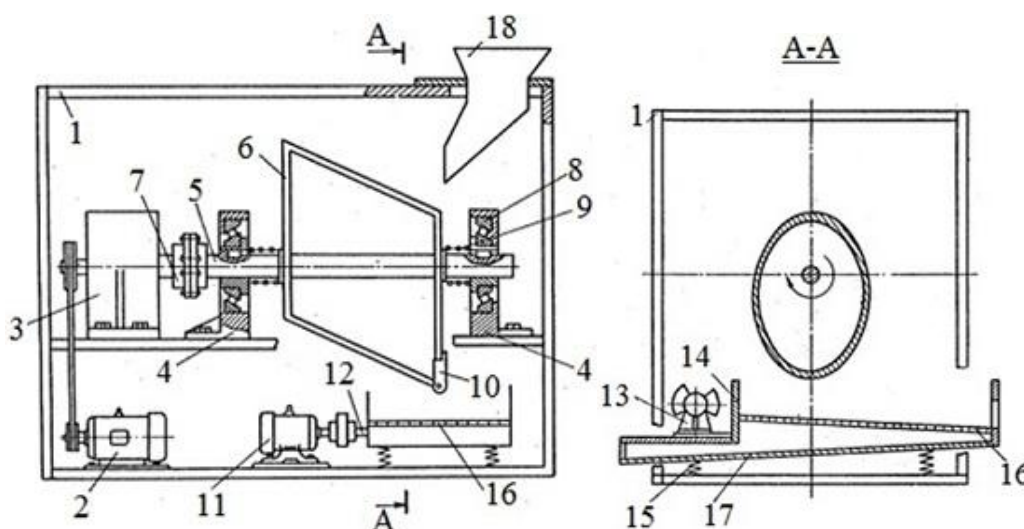


Рисунок 8. Схема опытного образца станка для ОЗУО на базе комбинированного ротора (11 – электродвигатель, 13 – гибкий вал вибратора, 14 – вибрирующая платформа, 15 – упругие элементы, 16 – сетка, 17 – склиз вибрирующей платформы)

го винтового ротора 1, повышает производительность и расширяет технологические возможности.

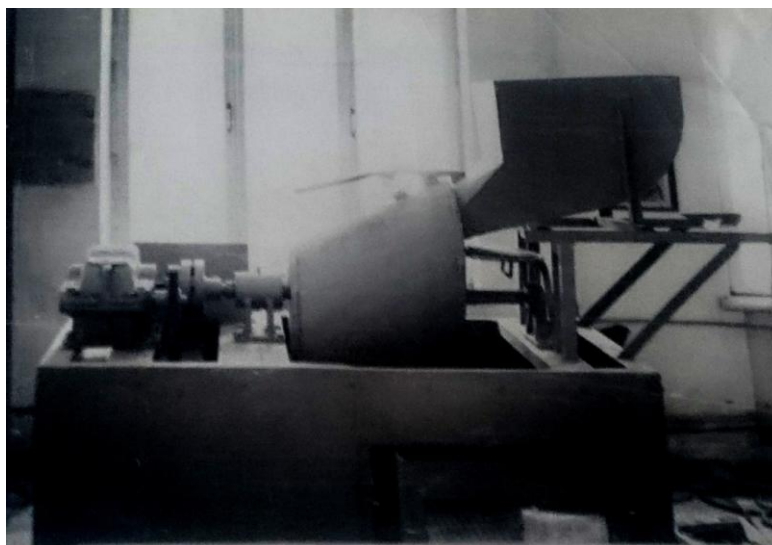


Рисунок 9. Станок для ОЗУО с комбинированным ротором

Скорость перемещения масс загрузки от загрузки к выгрузке можно менять регулированием угла наклона всего станка для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки.

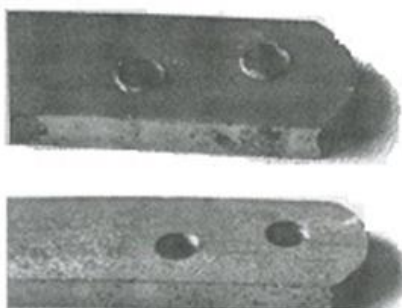


Рисунок 10. Образцы деталей до и после обработки в станке для ОЗУО

Результаты исследований экспериментально проверены на опытном образце станка для ОЗУО с порционной загрузкой и выгрузкой, снабженным рабочим органом в виде комбинированного ротора 1 класса и 1 подкласса (рис. 8).

Рабочий орган в виде комбинированного ротора 6 имеет отверстие, закрытое крышкой 10 и смонтирован в опорах 8 на основании 1, к котором прикреплена загрузочная воронка 18.

Станок работает следующим образом. В рабочий орган загружаются рабочая среда и детали (масса загрузки). Так как приводная ось 5 рабочего органа 6 смонтирована под углом к его оси симметрии, то массы загрузки движутся по эллиптическим траекториям, происходит процесс взаимодействия частиц рабочих сред и деталей. После выключения

привода главного движения масса загрузки выгружается в вибрирующую платформу 14, в которой происходит разделение частиц рабочих сред и обработанных деталей.

На рис. 9 представлена фотография опытного образца, а на рис. 10 одна из деталей до и после обработки.

Экспериментальные исследования подтвердили эффективность выполнения ОЗУО деталей в рабочих органах станков в виде комбинированных винтовых роторов, при этом время обработки партии деталей ограничивается 10-12 мин.

Выводы

Предложены рабочие органы станков для отделочно-зачистной и упрочняющей обработки в виде комбинированных винтовых роторов. Разработана классификация комбинированных винтовых роторов и представлен опытный образец станка для ОЗУО. По нашему мнению, оборудование с рабочими органами в виде комбинированных винтовых роторов может быть использовано в машиностроении (металлообработке) не только для ОЗУО [1-5], но также в машиностроении для строительной индустрии [14], для других отраслей промышленности [13] и для сельского хозяйства [15].

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. 18.12.2017; опубл. 21.11.2018, 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. 14.12.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.

3. Пат. 2528291 Российская Федерация, МПК В24В 31/02. Устройство для отделочно-упрочняющей обработки / Серга Г. В., Иванов В. В., Лебедев В. А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2013106599/02; заявл. 14.02.2013; опубл. 10.09.2014, 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. 15.07.2014; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.

5. Пат. 2430825 Российская Федерация, МПК В24В 31/06. Устройство для отделочно-зачистной обработки / Белокур К.А., Серга Г. В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2009144621/02; заявл. 01.12.2009; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 16.

6. 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.

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

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

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. Серга, Г. В. Повышение производительности технологических систем отделочно-зачистной и упрочняющей обработки на основе винтовых роторов / Г. В. Серга, В. А. Лебедев, К. А. Белокур, Д. Я. Яковлев // Научный журнал «Упрочняющие технологии и покрытия». – Москва, 2016. – № 4 – С.23-25.

11. Серга, Г. В. Технологические особенности изготовления винтовых роторов для отделочно-упрочняющей обработки деталей / Г. В. Серга, К. А. Белокур, В. А. Лебедев, // Научно-технический и производственный журнал «Сборка в машиностроении, приборостроении». – Москва, 2016 – С. 8-11.

12. Серга, Г. В. Комплексные технологии отделочно-зачистной и упрочняющей обработки деталей машин / Г. В. Серга, К. А. Белокур, Э. А. Хвостик // Машиностроение и техносфера XXI: сб. трудов междунар. научно-техн. конф. – Донецк: ДонНТУ, 2018. – С. 126-131.

13. Marchenko, A. Y. Creating A Methodology For Calculating The Drive Of The Working Parts Of The Equipment Based On The Original Screw Sieves, Screw Housings And Screw Drums / A. Y. Marchenko, G. V. Serga // Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences. Volume: 10. Issue: 1. P: 1689-1696. Publ: JAN-FEB 2019. [https://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10\(1\)/\[219\].pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10(1)/[219].pdf)

14. Aleksandr Sekisov. Rotary-screw systems for rotary kilns / Aleksandr Sekisov, Georgy Serga // E3S Web of Conferences, Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE-2018) – France, 2019. – Vol. 91, 02034.

15. Пат. 2686221 Российская Федерация, МПК В24В В01 D 33/27. Установка для разделения отходов откормочного комплекса / Г. В. Серга, М. Г. Серга, Д. И. Кацко; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2018122185; заявл. 24.04.2019; опубл. 24.04.2019, Бюл. № 12.

Поступила в редколлегию 06.05.2019 г.