

УДК 621.924

DOI: 10.12737/article\_59d496ec40df54.66288140

**В.А. Лебедев**<sup>1</sup>, к.т.н.,

**Г.В. Серга**<sup>2</sup>, д.т.н.,

**М.М. Чаава**<sup>1</sup>, к.т.н.,

**Г.В. Дёмин**<sup>1</sup>, магистр

<sup>1</sup>Донской государственной технической университет,  
344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1;

<sup>2</sup>Кубанский государственный аграрный университет,  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина 13, кв. 64)

E-mail: va.lebedev@yandex.ru

## **Компоновочные схемы малогабаритных роторно-винтовых вибрационных технологических систем для отделочно-упрочняющей обработки деталей**

*Представлены преимущества и область практического применения роторно-винтовых вибрационных технологических систем. Приведены компоновочные схемы малогабаритных роторно-винтовых вибрационных станков для отделочно-упрочняющей обработки деталей, полученные методами инженерной геометрии и компьютерной графики.*

**Ключевые слова:** роторно-винтовые вибрационные технологические системы; отделочно-упрочняющая обработка; малогабаритные станки; производительность процесса.

**V.A. Lebedev**<sup>1</sup>, Can. Eng.,

**G.V. Serga**<sup>2</sup>, D. Eng.,

**M.M. Chaava**<sup>1</sup>, Can. Eng.,

**G.V. Demin**<sup>1</sup>, M. Sc.

<sup>1</sup>Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., Rostov-upon-Don 344010,

<sup>2</sup>Kuban State Agricultural University, 64, Kalinin Str., Krasnodar, 350044)

## **Arrangement circuits of small-size of rotor-helical vibration technological systems for parts finish-strengthening**

*Advantages and a field of the actual application of rotor-helical vibration technological systems are presented. Arrangement circuits of small-size rotor-helical vibration machines for parts finish-strengthening obtained through the methods of engineering geometry and computer graphic are shown.*

**Keywords:** rotor-helical vibration technological systems; finish-strengthening; small-size machines; process capacity.

Технико-экономические преимущества применения роторно-винтовых вибрационных технологических систем (РВВТС) для отделочно-упрочняющей обработки деталей обусловлено тем, что по сравнению с широко известными в отечественной и зарубежной

практике вибрационными технологиями, они позволяют повысить производительность процесса за счет расширения диапазона изменений результирующих векторов перемещения частиц рабочих сред и обрабатываемых деталей, повышения интенсивности их сме-

шивания и переориентации, а также увеличения скорости их движения от загрузки к выгрузке.

Применение в РВВТС рабочего органа в виде винтовых роторов обеспечивает обрабатываемым деталям и частицам рабочих сред сложное пространственное движение с большой амплитудой и одновременное воздействие на них колебаний в трех взаимно перпендикулярных направлениях, в результате чего увеличивается энергоёмкость взаимодействия обрабатываемых деталей и частиц рабочих сред как между собой так и со стенками винтового ротора, и как следствие повышается интенсивность обработки.

С целью обеспечения эффекта виброожижения и как следствие активации массы загрузки (обрабатываемые детали и частицы рабочих сред) в РВВТС реализуется принцип комбинированного воздействия на неё низкочастотных колебаний большой амплитуды и низкочастотных колебаний малой амплитуды путем установки рабочих органов на виброопоры.

Для практического использования РВВТС в технологии изготовления деталей машин на операциях отделочной и упрочняющей обработки на основе использования методов инженерной геометрии и компьютерной графики разработаны компоновочные схемы малогабаритных станков. Такие станки позволяют, используя технологические возможности РВВТС, повысить производительность и эффективность вышеназванных технологических процессов, значительно сократить производственные площади, а также автоматизировать производственные циклы обработки деталей.

Разработка малогабаритных РВВТС осуществлялась в трёх основных направлениях:

1. Совершенствование формы рабочих органов станков.

2. Совершенствование форм рабочих органов станков в сочетании с оптимальной компоновкой рабочих органов по высоте и уменьшением рабочих площадей.

3. Совершенствование формы рабочих органов станков в сочетании с оптимизацией рабочих площадей под эти станки.

На рис.1 представлена **РВВТС с наклонным цилиндрическим ротором**. Общий вид станка содержит рабочий орган – цилиндрический ротор 1, средство для загрузки 2, средство для разгрузки 3 и привода (не показан).

Цилиндрический ротор 1 (рис. 2) снабжен торцевыми стенками эллиптической формы. Торцевая стенка 14 у загрузочной втулки 4

выполнена плоской и смонтирована под углом  $\alpha$  к оси вращения рабочего органа. Торцевая стенка 15 у разгрузочной втулки 5 выполнена в виде эллиптического конуса, установленного под углом  $\beta$  к оси вращения ротора, при этом  $\beta$  не равен  $\alpha$ .

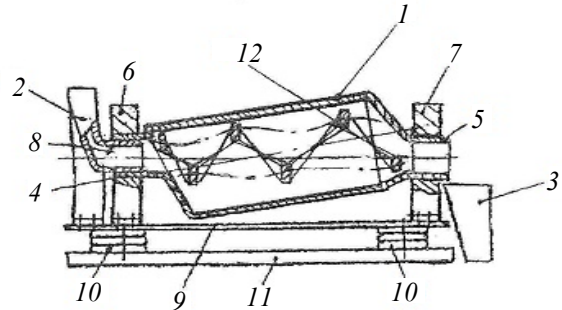


Рис. 1. Станок с наклонным цилиндрическим ротором:

1 – рабочий орган – ротор; 2 – загрузочное приспособление; 3 – разгрузочное приспособление; 4 и 5 – втулки рабочего органа; 6 и 7 – подшипниковые опоры; 8 – носок загрузочного устройства; 9 – рама; 10 – виброопоры; 11 – станина; 12 – пружина

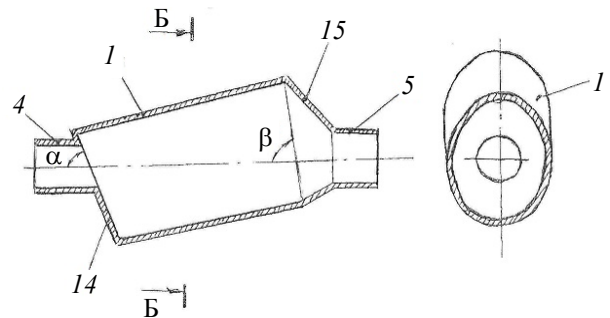


Рис. 2. Конструкция ротора

Станок работает следующим образом. Обрабатываемые детали и частицы рабочих сред в виде или абразивных гранул или металлических шариков (рис. 1) подаются через загрузочное приспособление 2, носок 8 во внутрь вращающегося ротора 1. Обработанные детали и частицы рабочей среды через втулку 5 выгружаются в разгрузочное приспособление 3. При вращении ротора 1 обрабатываемые детали и частицы рабочей среды осуществляют асимметричное пространственное движение и низкочастотные колебания с большой амплитудой, в результате чего обеспечивается последовательное уплотнение и разряжение массы загрузки, а также продвижение её от загрузки к выгрузке.

Колебания деталей и частиц рабочей среды в трех взаимно перпендикулярных направлениях активизирует сам рабочий орган, установ-

ленный на виброопорах рамы за счет конструктивного исполнения наклонных торцевых стенок и расположения их под разными углами к оси вращения. Такое расположение наклонных торцевых стенок образует эксцентриситет, обусловленный смещением оси камеры относительно оси её вращения.

Создание дополнительных низкочастотных колебаний приводит к нарушению стационарности движения массы загрузки. В результате нарушения упорядоченности процесса движения массы загрузки, движение её становится более активным, ликвидируются зоны малой подвижности, возрастает энергоёмкость соударений рабочих частиц с обрабатываемыми деталями, и как следствие повышается эффективность обработки.

Процесс нестационарности движения частиц масс загрузки усугубляется расположением торцевых стенок 14 и 15 эллиптической формы, что существенно меняет направление движения частиц массы загрузки вдоль оси вращения ротора 1 и создает зоны различного давления на них торцевых стенок 14 и 15. Поэтому, частицы масс загрузки под воздействием геометрического уклона ротора 1 и разности давления торцевых стенок эллиптической формы 14 и 15, расположенных под углом друг к другу и к оси вращения ротора 1, имеют возможность не только двигаться по сложным траекториям, но и перемещаться в осевом направлении от загрузки к выгрузке, создавая при этом турбулентные потоки.

В процессе движения порционные массы загрузки периодически поднимаются вверх и падают вниз на противоположные стенки рабочего органа. Наличие смонтированной внутри ротора цилиндрической пружины 12 позволяет управлять интенсивностью процесса обработки путём изменения направления витков пружины по отношению к направлению вращения ротора.

**РВТС с ярусным расположением роторов по высоте** показан на рис 3. Станок состоит из загрузочного устройства 1, разгрузочного устройства 2, корпуса 3, упруго установленного на основании 4. В нижней части корпуса 3 смонтирован вибратор 5.

Станок включает три жестко установленных винтовых ротора 6, 7, 8. Патрубок загрузочного устройства 1 вмонтирован во входное отверстие винтового ротора 6. Выходное отверстие винтового ротора 6 закрыто крышкой 9, которая не только перекрывает одновременно и входное отверстие винтового ротора 7, но и обеспечивает перемещение массы за-

грузки из верхнего винтового ротора 6 в нижележащий второй винтовой ротор 7 через его входное отверстие 11. Выходное отверстие 12 второго винтового ротора 7 закрыто крышкой 13, которая перекрывает одновременно и входное отверстие 14 нижележащего третьего винтового ротора 8, обеспечивает передачу массы загрузки их второго винтового ротора 7 в нижележащий винтовой ротор.

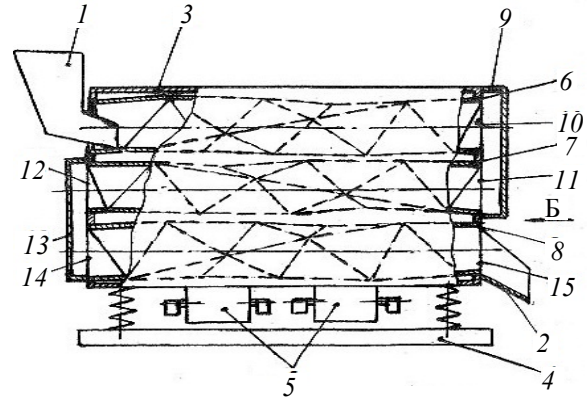


Рис. 3. Станок с ярусно расположенными винтовыми роторами

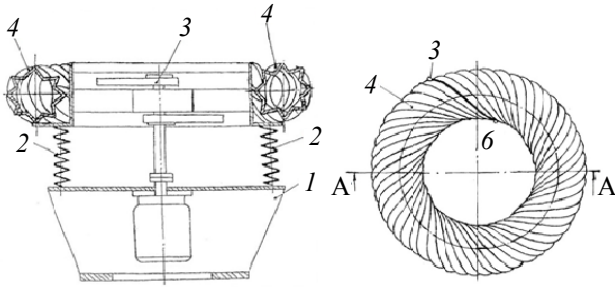
Под выходным отверстием 15 третьего винтового ротора 8 смонтировано разгрузочное отверстие 2. Винтовые роторы 6, 7, 8 изготовлены винтовыми пустотелыми с направленными по периметру навстречу друг другу плоскими или криволинейными пластинами (стенками).

Станок для отделочно-упрочняющей обработки деталей с ярусно установленными винтовыми роторами работает следующим образом. Посредством загрузочного устройства 1 внутрь верхнего винтового ротора 6 загружаются обрабатываемые детали и рабочая среда. Под воздействием возмущающих сил вращающегося вибратора 5 массам загрузки передаются через стенки винтовых роторов 6, 7, 8 низкочастотные колебания. Массы загрузки под влиянием вибраций совершают вращательное движение в плоскостях, перпендикулярных оси симметрии винтовых роторов 6, 7, 8. Плоские стенки винтового ротора 6, 7, 8 изменяют и придают дополнительное движение массам загрузки, а также перемещают их от загрузки к выходным отверстиям каждого винтового ротора и выгружают за пределы станка.

В процессе перемещения масс загрузки от загрузочного устройства 1 к разгрузочному устройству 2 массы загрузки совершают сложное пространственное движение, так как направление их движения под воздействием вибрации изменяются под воздействием раз-

нонаклоненных стенок винтовых роторов 6, 7, 8, что интенсифицирует процесс обработки. При ярусном расположении винтовых роторов 6, 7, 8 не только интенсифицируется процесс обработки, но и сокращаются габариты станка по длине.

Совершенствование формы рабочих органов станков методами инженерной геометрии и компьютерной графики в сочетании с оптимизацией рабочих площадей под эти станки реализовано в *РВВТС с кольцевым винтовым ротором* (рис. 4) [3].



**Рис. 4. Малогабаритный станок с кольцевым винтовым ротором:**

1 – станина; 2 – пружины; 3 – вибратор; 4 – рабочий орган

В малогабаритном станке с кольцевым винтовым ротором частицы рабочих сред и обрабатываемые детали совершают одновременно поступательное по кольцу и винтовое вращательное движение, при котором и происходит процесс отделочно-зачистной обработки.

В результате совершенствования форм рабочих органов РВВТС методами инженерной геометрии и компьютерной графики можно успешно осуществлять не только отделочно-упрочняющую обработку, 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) удается повысить производительность в 1,2–1,5 раза [1];

- в химической промышленности при изготовлении краски удается повысить производительность в 1,1–1,3 раза [2];

- в пищевой и легкой промышленности при выполнении отдельных операций, например, сепарации сыпучих сред, галтовки пельменей, можно добиться повышения производительности в 1,4–1,5 раза [3];

- в сельском хозяйстве для уборки зерновых, приготовления кормов, сушки куриного помета, мойки корнеплодов можно повысить

производительность в 1,8–2,0 раза [4];

- в строительстве и производстве строительных материалов использование винтовых роторов обеспечивает повышение производительности в 1,1–1,5 раза, [5].

В настоящее время проведены модельные испытания и исследованы первые два направления создания малогабаритных станков для роторно-винтовой отделочно-упрочняющей обработки. В результате моделирования процессов создана методика расчета привода таких станков, предложены расчётные зависимости для определения продольной скорости движения масс загрузки в рабочих органах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2542222 РФ, МПК В24В 31/023. Устройство для отделочно-упрочняющей обработки / Г.В. Серга, С.Г. Кочубей, Л.Н. Луговая, Е.А. Горячева, И.О. Горинов; – № 2013150241/02; заявл. 11.11.2013; опубл. 20.02.2015, Бюл. № 5. – 3 с.
2. Пат. 2209670 РФ, МПК В02С17/04. Трубная мельница / Г.В. Серга, С.М. Резниченко, Ф.Ф. Кремьянский; – № 2002101217/03; заявл. 08.01.2002; опубл. 08.01.2002. – 3 с.
3. Пат. 2121890 РФ, МПК В07В 1/22. Машина для сепарации сыпучих сред / Л.Н. Луговая, И.И. Табачук, Э.В. Кравченко, Г.В. Серга, А.В. Ляу; – № 97113113/03; заявл. 16.07.1997; опубл. 20.11.1998. – 3 с.
4. Пат. 2494601 РФ, МПК А01D 41/00, А01F 7/06, А01F 12/18. Комбайн зерноуборочный прямоточный / В.Д. Таратута, В.В. Цыбулевский, Г.В. Серга; – № 2012121216/13; заявл. 23.05.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 28. – 3 с.
5. Пат. 2220896 РФ, МПК В65G33/26. Устройство для транспортирования материалов / Г.В. Серга, Н.Н. Довжикова, Ф.Ф. Кремьянский, Р.А. Диков. № 2002112173/03; заявл. 06.05.2002; опубл. 10.01.2004. – 3 с.

## REFERENCES

1. Pat. 2542222 the RF, IPC B24B 31/023. *Device for Finish-Strengthening*/ G.V. Serga, S.G. Kochubey, L.N. Lugovaya, E.A. Goryacheva, I.O. Gorinov; - No.2013150241/02; applied 11.11.2013; published 20.02.2015, Bull. No.5. – pp. 3.
2. Pat. 2209670 the RF, IPC B02C17/04. *Tube Mill*/ G.V. Serga, S.M. Reznichenko, F.F. Kremyansky; - No. 2002101217/03; applied 08.01.2002; published 08.01.2002. – pp. 3.
3. Pat. 2121890 the RF, IPC B07B 1/22. *Machine for Loose Media Separation*/ L.N. Lugovaya I.I. Tabachuk E.V. Kravchenko, G.V. Serga, A.V. Lyau; - No. 97113113/03; applied 16.07.1997; published 20.11.1998. – pp. 3.
4. Pat. 2494601 the RF, IPC A01D 41/00, A01F 7/06, A01F 12/18. *Direct-Flow Grain Harvester* / V.D. Taratuta, V.V. Tzybulevsky, G.V. Serga; - No. 2012121216/13; applied 23.05.2012; published 10.10.2013, Bull. No. 28. – pp. 3.
5. Pat. 2220896 the RF, IPC B65G33/26. *Device for Material Transportation* / G.V. Serga, N.N. Dovzhikova, F.F. Kremyansky, R.A. Dikov. No. 2002112173/03; applied 06.05.2002; published 10.01.2004. – pp. 3.

Рецензент д.т.н. Н.И. Бойко