

УДК 621.855

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕРИИ VM

TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF MULTI-PURPOSE MACHINE COMPLEXES OF THE VM SERIES

Бережной Сергей Борисович

член-корреспондент Инженерной академии РФ,
доктор технических наук, профессор,
декан факультета машиностроения и автосервиса,
заведующий кафедрой технической механики и
гидравлики,
Кубанский государственный
технологический университет
set@id-yug.com

Чумак Павел Васильевич

аспирант кафедры технической механики и
гидравлики,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. В статье описывается модернизация многоцелевого станочного комплекса и пути повышения точности при изготовлении сложных и крупногабаритных деталей.

Ключевые слова: станок, цепная передача, звездочка, привод, система управления, инструментальная оснастка, магазин инструментов.

Berezhnoy Sergey Borisovich

Corresponding Member of
Engineering academy Russian Federation,
Doctor of Engineering, Professor,
Dean of faculty of mechanical engineering
and car service, Head of the department of
technical mechanics and hydraulics,
Kuban State University of Technology
set@id-yug.com

Chumak Pavel Vasilyevich

graduate student of chair of
technical mechanics and
hydraulics,
Kuban State University of Technology

Annotation. In article modernization of a multi-purpose machine complex and way of increase of accuracy at production of difficult and large-size details is described.

Keywords: machine, chain transfer, asterisk, drive, control system, tool equipment, shop of tools.

Основой экономического роста Российской Федерации является развитие высокотехнологичных наукоемких отраслей обрабатывающей промышленности на базе принципиально нового технологического уклада.

По оценке экспертов станкостроение, приборостроение и производство высокотехнологичного оборудования оказались в зоне «некомпенсируемого технологического отставания». Спад производства в высокотехнологичных отраслях оказался намного больше среднего по промышленности. К сожалению, на мировых рынках сегодня высокотехнологичная продукция России занимает 0,3 процента от общего объема, это более чем на два порядка меньше чем в США, на порядок меньше чем в Мексика, втрое меньше чем Филиппины.

Для реализации технического прорыва необходимо обеспечить полное техническое перевооружение, создание и развитие импортозамещающих средств машиностроительного производства, которые относятся к технологиям двойного назначения и наиболее востребованы стратегическими организациями станкостроительного, машиностроительного и оборонно-промышленного комплексов (авиастроительного, ракетно-космического, судостроительного и энергомашиностроительного).

Эволюцию развития станочного парка России можно выразить в виде шести технологических укладов (ТУ) в механической обработке изделий (табл. 1).

Технологический уклад — комплекс станков, приспособлений, инструментов, измерительных систем, управление комплексом при изготовлении изделия.

Первый ТУ имел базу станков, агрегатов с ручным управлением и универсальное назначение.

Таблица 1 – Эволюция технологических укладов в механической обработке изделий

| № ТУ | Технологическая генерация | Период | Станок | Приспособление | Управление |
|------|--|--------------------------|---|--|--|
| I | Технологический уклад на базе универсальных станков | до 60-х годов XX века | Простые | Простейшие | Человек |
| II | Технологический уклад на базе универсальных и специальных станков, в т.ч. с ЧПУ | 60–80 годы XX века | Сложные | Простые и сложные механические | Человек + Кинематика |
| III | Технологический уклад на базе станков с ЧПУ и обрабатывающих центров | 80–90 годы XX века | Упрощённые, повышенной точности | Специальные механические | Человек + выч. техника |
| IV | Технологический уклад на базе обрабатывающих центров | с начала 20 г. XXI века | Простые, высокой точности | Специальные и оснащённые ЧПУ | Информационная система |
| V | Технологический уклад на базе технологических комплексов и обрабатывающих центров | 20–40 годы XXI века | Простые, высокой точности и особой надёжности | Специальные модули-станки оснащённые ЧПУ | Интегрированная информационная система |
| VI | Постиндустриальный технологический уклад на базе системы искусственного интеллекта, интегрированные высокоскоростные транспортные системы. | начиная с 30 г. XXI века | Простые, высокой точности и особой надёжности | Модульный характер построения станочных комплексов | Безлюдные технологии |

Второй ТУ базируется на универсальных полуавтоматах и автоматах большой производительности, но с малой мобильностью, специализированных автоматах для строго определённой продукции, лишённых мобильности и на агрегатных станках созданных путём компоновки унифицированных механизмов, обладающих повышенной универсальностью за счёт быстрой переналадки.

Третий ТУ базируется на автоматических линиях из агрегатных станков и машин, или на универсальном оборудовании обладающим высокой производительностью и возможностью переналадки, или на базе специального оборудования узкого профиля для выпуска массовой однотипной продукции.

Четвёртый ТУ в основе которого находятся станки, машины с числовым программным управлением (ЧПУ), обрабатывающие центры позволяющие автоматизировать производственные процессы с возможностью быстрой перенастройки.

Пятый ТУ — участки и линии гибких автоматизированных производств, технологические комплексы и обрабатывающие центры, обладающие комплексной автоматизацией всех производственных процессов, единой системой управления и гибкой переналадкой на выпуск новых изделий.

Шестой ТУ — безлюдные технологии, использование всего оборудования всех ТУ, и системы управления ЭВМ без применения и ручного и умственного труда при изготовлении изделия.

Станкостроение России в данный момент находится на четвертом ТУ.

Для реализации перехода станкостроения России к новому пятому ТУ необходимо осуществить прорыв от технологического уклада на базе обрабатывающих центров к технологическому укладу на базе технологических комплексов и обрабатывающих центров и в дальнейшем применение безлюдных технологий.

Прорыв к новым технологическим укладам — единственный выход из сложившейся ситуации в станкостроении и в промышленности России в целом.

При переходе к новым ТУ необходимо обеспечить обработку крупногабаритных изделий, с высокой точностью. Создание новых многоцелевых обрабатывающих центров. При этом обеспечить: безопасную работу, применение систем управления станком с высоким уровнем интеллекта, применение новых технологий, максимальное применение современных элементов как в механических системах, так и в системах контроля и управления, автоматический контроль состояния и смены инструмента, размеров обрабатываемой детали, систему очистки СОЖ и удаления стружки и аэрозолей и т.п.

Повышение точности обработки изделий на многоцелевых обрабатывающих комплексах можно по нескольким направлениям:

- *изменение кинематики станочного комплекса в целом;*
- *повышение качества инструментальной оснастки.*

Кинематика станочного комплекса играет важную роль при обработке и изготовлении крупногабаритных деталей. Так как при работе с большими массами возникают большие маховые (инерционные) моменты, которые могут привести к поломке и выходе из строя самого оборудования.

Высокоточная обработка поверхности детали напрямую зависит от инструментальной оснастки, качества и количества режущего инструмента (РИ), так как в процессе обработки РИ изнашивается и его необходимо менять. Для этого магазин инструментов должен иметь достаточное количество мест под инструмент.

При обработке различных форм деталей массой до 100 тонн количество операций выходят за пределы вместимости магазина, поэтому приходится выполнять догрузку и выгрузку РИ, что увеличивает время всего производства, так как приходится останавливать комплекс.

Остановимся на второй возможности улучшения качества изготовления продукции, через разработку новой инструментальной оснастки.

Многоцелевой станочный комплекс предназначен для токарной и сверлильно-фрезерной обработки различных изделий и соответствует четвертому технологическому укладу.

Многоцелевой станочный комплекс (рис. 1) состоит из ряда сложных устройств, агрегатов и сборочных единиц. Особенно сложными и дорогостоящими являются устройства ЧПУ (4), ползун (6), высокоточные измерительные системы для контроля круговых и линейных перемещений (датчики обратной связи) и электронная преобразовательная система переменного тока для управления приводом главного движения (1), сверлильно-фрезерный привод ползуна (5) и приводы перемещений поперечины (9), портал (7). Станок оснащен вертикальным суппортом (8), инструментальным магазином (3) для автоматической смены инструмента и инструментальных головок, автоматизированным механизмом точной установки поперечины (2) и следящими приводами.

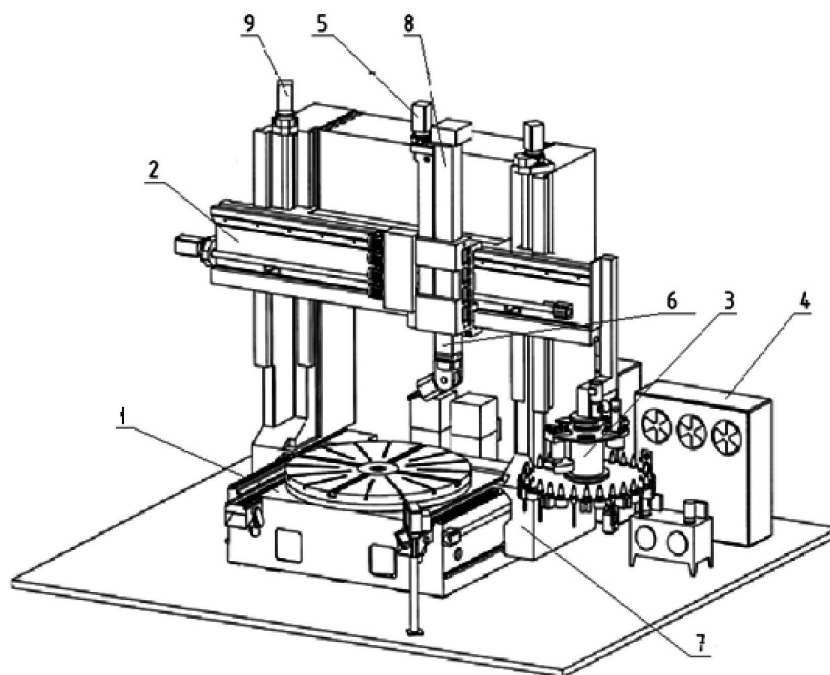


Рисунок 1 — Многоцелевой станочный комплекс VM 32:

- 1 — привод главного движения; 2 — поперечина; 3 — инструментальный магазин; 4 — устройство ЧПУ;
5 — сверлильно-фрезерный привод; 6 — ползун; 7 — портал; 8 — вертикальный суппорт;
9 — привод перемещения поперечины

Для расширения диапазона обрабатываемых деталей и повышение производительности многоцелевого станочного комплекса необходимо рассмотреть возможность его модернизации с целью увеличения функциональных возможностей магазина инструментов.

Но в станочном комплексе не возможно: расширение численного количества инструментов, слишком длительная операция по смене инструмента.

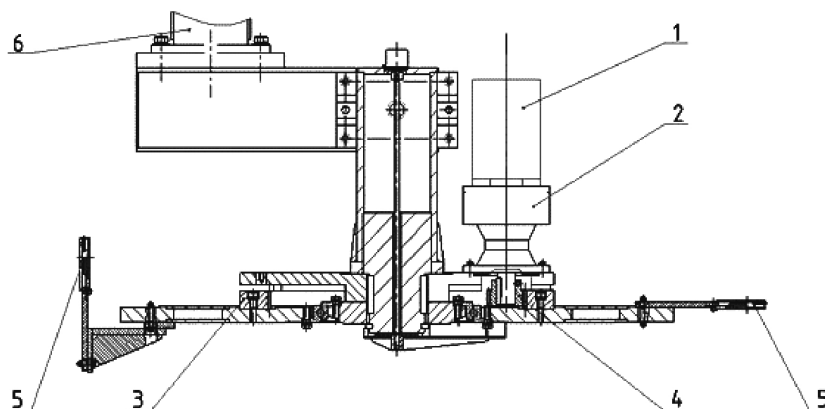


Рисунок 2 – Магазин инструментов на 28 посадочных гнезд под различный инструмент:

1 — электродвигатель 1FT6 082 1AF713; 2 — редуктор; 3 — зубчатое колесо с внутренним зацеплением; 4 — зубчатое колесо внешним зацеплением; 5 — гнездо инструмента; 6 — кронштейн

Привод поворота барабана магазина инструментов состоит из электродвигателя фирмы «Siemens» трехфазного тока (1) с тормозом, планетарного редуктора и червячной передачи (2) и обеспечивает скорость поворота барабана 5 об/мин, время разгона около 500 мсек, зубчатое колесо с внутренним зацеплением (3), колесо зубчатое с внешним зацеплением (4), посадочное гнездо инструмента (5), кронштейн (6).

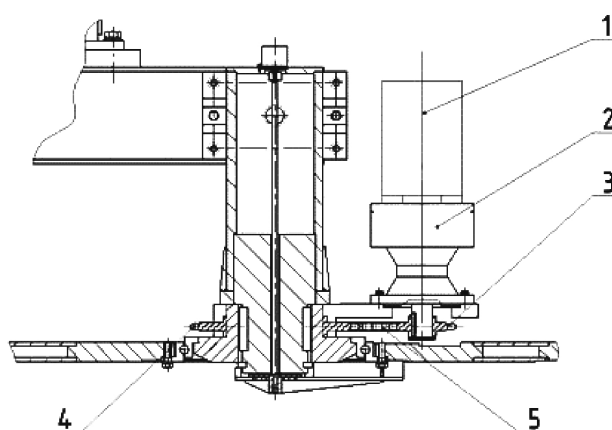


Рисунок 3 – Привод магазина инструментов:

1 — электродвигатель 1FT6 082 1AF713; 2 — редуктор; 3 — ведущая звездочка; 4 — ведомая звездочка; 5 — роликовая цепь

Решение поставленной задачи возможно с применением цепной зубчатой передачи.

Применение цепной зубчатой передачи [1, 3] позволит расширить диапазон используемого инструмента и повысить производительность комплекса.

Исходными данными для расчета цепной передачи являются следующие параметры:

- вращающий момент ведущей звездочки на валу привода T ;
- частота вращения ведущей звездочки n ;
- передаточное число цепной передачи u .

Важнейшим параметром цепной передачи является предварительное значение шага цепи t' , которое рассчитывается по допускаемому давлению в шарнире цепи по зависимости

$$t' = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T \cdot K_{\text{Э}}}{Z_1 \cdot [\rho]}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{Э}}$ — коэффициент эксплуатации,

$$K_{\text{Э}} = K_{\text{Д}} \cdot K_{\text{РЕГ}} \cdot K_{\theta} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{Р}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{Д}}$ — коэффициент динамической нагрузки; $K_{\text{РЕГ}}$ — коэффициент регулировки натяжения цепи; K_{θ} — коэффициент положения передачи; $K_{\text{С}}$ — коэффициент смазывания цепи; $K_{\text{Р}}$ — коэффициент режима работы.

Определим Z_1 — предварительное число зубьев ведущей звездочки

$$Z_1 = 29 - 2 \cdot u. \quad (3)$$

Полученное предварительное значение Z_1 округляют до целого нечетного значения, что в сочетании с нечетным числом зубьев ведомой звездочки Z_2 и четным числом звеньев цепи L_1 обеспечит более равномерное изнашивание зубьев. Тогда:

$$Z_2 = Z_1 \cdot u. \quad (4)$$

Уточним передаточное число цепной передачи

$$u_{\text{ф}} = Z_2 / Z_1. \quad (5)$$

Допускаемое отклонение от расчетного значения u не более $\pm 4\%$

$$\Delta u = \frac{u_{\text{ф}} - u}{u} \cdot 100\%. \quad (6)$$

Параметр $[\rho]$ в формуле (1) — допускаемое давление в шарнире цепи, он определяется в зависимости от скорости цепи V .

Рассчитаем по формуле (1) шаг цепи.

Полученное значение t округляем по таблице ГОСТ 13568-75 до ближайшего стандартного значения.

Определим фактическую скорость цепи, после рассчитаем действительное давление в шарнире цепи:

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (7)$$

$$\rho = 2,8^3 \cdot \frac{T \cdot K_{\text{Э}}}{Z_1 \cdot t^3}. \quad (8)$$

Обязательно должно выполняться условие прочности цепи:

$$\rho \leq [\rho]. \quad (9)$$

По условию долговечности цепи выбираем межосевое расстояние:

$$a' = 40 \cdot t. \quad (10)$$

Определяем число звеньев в цепном контуре и длину цепи:

$$L_t = 2 \cdot \frac{a'}{t} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{(z_2 - z_1 / 2\pi)^2}{a' / t}, \quad (11)$$

$$L = L_t \cdot t. \quad (12)$$

Проверкой для цепи является сравнение расчетного коэффициента запаса прочности s с его допускаемым значением $[s]$:

$$s \geq [s], \quad (13)$$

$$s = \frac{F_p}{F_t \cdot K_D + F_0 + F_V}, \quad (14)$$

где F_p — разрушающая нагрузка цепи, которая зависит от шага; F_V — натяжение цепи от центробежных сил

$$F_V = m \cdot V^2; \quad (15)$$

$$F_t = \frac{2 \cdot \pi \cdot T}{z_1 \cdot t}; \quad (16)$$

$$F_0 = k_f \cdot m \cdot a \cdot g. \quad (17)$$

Было произведено математическое сравнение зависимости времени от операций обработки двух магазинов инструментов на 28 и 42 посадочных мест при изготовлении одного изделия (рис. 4). На графике видна динамика уменьшения времени с использованием магазина инструментов на 42 места.

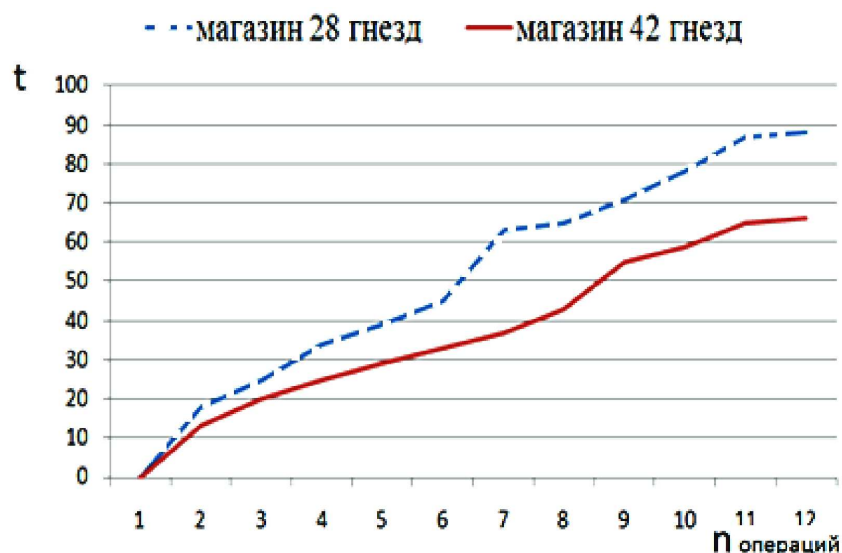


Рисунок 4 – График зависимости времени от операций обработки

Предварительные исследования и анализ рынка показали востребованность нового модернизированного многоцелевого станочного комплекса VM32 предприятиями военно-промышленного комплекса, машиностроения, авиастроения и железнодорожной отрасли.

Замена прямозубой цилиндрической передачи на передачу зубчатую цепную позволит увеличить количество используемого инструмента, соответственно утратится необходимость дозагрузки и выгрузки необходимого инструмента, сокращается время смены, расширяется диапазон изготовления различных изделий-деталей без его замены, уменьшается машинное время всего цикла работы, так как операция замены занимает значительное время и требует остановки всего многофункционального комплекса. Магазин инструментов можно будет устанавливать вне станка, что приведет к увеличению количества посадочных гнезд под инструмент. Срок окупаемости модернизации ориентировочно один год (табл. 1).

В связи с вышеизложенным разработка нового магазина инструментов многоцелевого станочного комплекса VM33 является актуальной.

Таблица 1 – Расчеты окупаемости магазина инструментов

| | 1-й год | 2-й год | 3-й год |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| ДОХОДЫ | | | |
| Валовый доход от продаж | 300 000 р. | 350 000 р. | 470 000 р. |
| Итого | 300 000,00 р. | 350 000,00 р. | 470 000,00 р. |
| РАСХОДЫ | | | |
| Стоимость товара | 350 000 р. | 350 000 р. | 350 000 р. |
| Сырье и комплектующие | 30 000 р. | 30 000 р. | 30 000 р. |
| Заработная плата | 170 000 р. | 170 000 р. | 170 000 р. |
| Налог на фонд заработной платы | 71 400 р. | 71 400 р. | 71 400 р. |
| Итого | 271 400,00 р. | 271 400,00 р. | 271 400,00 р. |
| Командировочные расходы | 7 000 р. | 7 000 р. | 7 000 р. |
| Транспортные расходы | 5 000 р. | 5 000 р. | 5 000 р. |
| Бухгалтерские и юридические услуги | 6 000 р. | 6 000 р. | 6 000 р. |
| Итого | 18 000,00 р. | 18 000,00 р. | 18 000,00 р. |
| ИТОГО ПО ТЕКУЩИМ РАСХОДАМ | 289 400,00 р. | 289 400,00 р. | 289 400,00 р. |
| Операционная прибыль | 10 600,00 р. | 60 600,00 р. | 180 600,00 р. |
| Прибыль до уплаты налогов | 10 600,00 р. | 60 600,00 р. | 180 600,00 р. |
| За вычетом налога УСН 6 % | 18 000 р. | 21 000 р. | 28 200 р. |
| ЧИСТАЯ ПРИБЫЛЬ | -7 400,00 р. | 39 600,00 р. | 152 400,00 р. |

Литература:

1. Руководство по эксплуатации станочного многофункционального комплекса VM 32. – ООО «СП Седин-Шисс», 2008.
2. Бережной С.Б. Роликовые цепные передачи общемашиностроительного применения. – Краснодар : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 244 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 3. – М. : Издательство «Машиностроение», 2001.

References:

1. Operation manual on the machine multipurpose VM 32 complex. – JSC JV «Sedin-Shiss», 2008.
2. Berezhnoy S.B. Roller chain transfers of all-machine-building application. – Krasnodar : MGTU publishing house of N.E. Bauman, 2004. – 244 p.
3. Anuryev V.I. Reference book of the designer-mechanician. V. 3. – M. : Mashinostroyeniye publishing house, 2001.