

УДК 621.9

DOI: 10.12737/17145

А.В. Киричек, А.А. Жирков, С.О. Федонина

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ МОДУЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена современная тенденция создания оборудования широкого назначения путем использования в конструкции массово изготавливаемых высокоточных модулей направляющих, деталей передач, электромеханического привода, шаговых и серводвигателей. Отмечена перспективность изготовления базовых элементов модульных стан-

ков из полимербетона, обеспечения необходимого уровня автоматизации за счет оснащения доступными открытыми системами числового программного управления.

Ключевые слова: модульное оборудование, базовые элементы, полимербетон, автоматизация, точность, направляющие, привод, двигатель.

A.V. Kirichek, A.A. Zhirkov, S.O. Fedonina

CURRENT TENDENCIES IN MODULAR EQUIPMENT CREATION

A current tendency in the creation of widespread destination equipment by means of used in the design bulk exacting modules of guides, gearing parts, electromechanical drive, stepper motors and servomotors is considered. The prospects of manufacturing the modular machine base elements made of organic

concrete, ensuring an essential level of automation at the expense of equipping with accessible open systems with numerical control are emphasized.

Key words: modular equipment, base elements, organic concrete, automation, accuracy, guides, drive, motor.

Станкостроение относится к числу базовых отраслей машиностроения, от технического состояния которого во многом зависит уровень развития всей промышленности. В настоящее время развитие этой отрасли в нашей стране идет, к сожалению, далеко не такими быстрыми темпами, как за рубежом.

та, импортная зависимость достигает 98%, в то же время экспортная доля отечественного станкостроения все еще достаточно высока и составляет примерно 54%. Россия экспортирует металлообрабатывающее оборудование в Казахстан (30,6%), Беларусь (12,5%), Украину (8,5%) и Китай (6,2%).

Российское станкостроение потеряло занимаемые некогда лидирующие позиции среди мировых производителей оборудования. Сегодня отечественный рынок станков весьма зависим от иностранных поставщиков. Наибольшую долю рынка занимают такие страны, как [1]: Германия - 21,6% (фирмы *Machinenfabrik Berthold Hermle*, *G.D.W.Werkzeugmaschinen Herzogenaurach*, *NILES-SIMMONS*, *PROFI-ROLL* и др.), Италия - 12,6% (*SHEET-METALMENS.R.L*, *CDM Povella* и т.д.), Япония - 6,6% (*Mitsubishi Heavy Industries*, *NSK*, *NTN Corporation*, *Sodick* и др.), Тайвань - 6,6% (*Chmer*, *Everising Machine Company*, *L&W Machine Tools, Inc.* и др.), Китай - 9,8%. На территории РФ появляются все новые филиалы зарубежных компаний, активно сотрудничающие с российскими предприятиями. По данным Росста-

Поставляемое оборудование имеет высокую цену, так как приобретается за валюту, что не позволяет надеяться на быстрое и кратковременное решение проблемы технического перевооружения предприятий. Проблема импортозамещения, как в машиностроении в целом, так и в станкостроении в частности, в настоящее время стоит особенно остро. Намечается несколько возможных направлений решения проблемы.

Во-первых, не только приобретение эксклюзивного импортного оборудования, но и создание совместных станкостроительных предприятий с сегодняшними лидерами мирового станкостроения и локализация производства на территории России. Этот путь наиболее перспективен для производства дорогостоящего специального, тяжелого и высокоточного оборудова-

ния (1...0,1 мкм), потребность в котором особенно высока в наукоемких оборонных и авиационно-космических отраслях промышленности.

Во-вторых, восстановление и техническое перевооружение собственных станкостроительных предприятий. Такие предприятия, имея собственную специализированную производственную базу, могут заполнить нишу производства универсального оборудования с ЧПУ среднего ценового диапазона, традиционной компоновки, со средними массогабаритными параметрами и средними параметрами точности позиционирования и обработки (0,02...0,001 мм).

В-третьих, организация и развитие малого и среднего предпринимательства, нацеленного как на производство малогабаритного серийного производственного, бытового и учебного оборудования, так и на создание специальных мехатронных изделий самого разного назначения. Достоинствами этого нового, находящегося в стадии становления направления являются: существенно более высокая рентабельность производства и значительно более низкая (в 2 и более раз) стоимость изготавливаемого оборудования. Использование в конструкциях оборудования массово изготавливаемых точных и доступных мехатронных модулей обеспечивает максимально гибкий подход к конструированию, возможность создания максимально эффективной единицы оборудования для решения конкретной производственной задачи. Кроме того, небольшие задействованные производственные площади, сравнительно низкие требования к точности изготавливаемого оборудования (0,05...0,02 мм), потенциально весьма широкая область применения, являются несомненными достоинствами направления.

В XX веке для станкостроения была характерна максимальная концентрация производства всех компонентов и деталей на одном предприятии, что было достаточно удобно для самого предприятия, так как обеспечивало независимость от качества работы смежников, но не всегда удобно для потребителя. С учетом массо-

вого или крупносерийного характера производства при приобретении станка практически исключалась возможность внесения конструктивных изменений в сам станок или его технические характеристики. Покупатель был вынужден подстраивать свое производство под цену, технологические возможности и габариты станочной продукции. При необходимости модернизация оборудования для решения конкретных производственных задач выполнялась силами предприятия – потребителя станочной продукции.

Для повышения производительности обработки и снижения времени переналадки оборудования, необходимого при переходе на выпуск другого размера типовой продукции, в прошлом веке широкое применение находили агрегатные станки. Конструкции агрегатных станков строились из отдельных агрегатов, взаимосвязанных и определенным образом размещенных относительно друг друга. Движения исполнительных органов (агрегатов) были также согласованы. Такой подход позволял при необходимости полностью изменить конструкцию агрегатного станка, проспециализировав его на выпуск совершенно другой детали. Однако изменение конструкции агрегатных станков требовало достаточно большого количества времени и все же не отвечало в полной мере требованию гибкости.

Отвечая вызовам современности, среди которых важно отметить все возрастающие требования к гибкости оборудования, возможности быстрой переналадки на выпуск новой продукции, заводы перестроились с полного массового выпуска однотипных станков на уменьшение размера партий с ориентацией скорее на сборку. Глобальный характер разделения труда в станкостроении привел к созданию специализированных предприятий не только по производству двигателей, но и, например, по выпуску шпинделей, шарико-винтовых пар, направляющих – своего рода современных агрегатов. Увеличение размера партии за счет концентрации на одном предприятии производства однотипных изделий способствует повышению

точности, надежности и грузоподъемности изделий, а также снижению их себестоимости.

В результате в мире сформировалось новое направление создания машиностроительного и другого оборудования широкого назначения из готовых модулей и агрегатов. Можно сказать, что спираль совершенствования агрегатных станков вышла на новый виток своего развития. При этом на первый план выходят не проблемы изготовления станочных модулей, а проблемы сборки, задачи, связанные с подбором и расчетом необходимых параметров отдельных модулей. В таком производстве приходится заниматься обеспечением точности взаимного расположения, надежности стыковки и совместной работы модулей разных производителей.

Производители поставляют на рынок модули разного ценового и точностного диапазона, разной грузоподъемности и нагрузочной способности, изготовленные по собственным технологиям с определенной технической комплектацией. Конструкция оборудования должна быть максимально сбалансированной, отвечающей поставленной целевой задаче. Искусством конструктора становится подбор надежных комплектующих с заданными техническими параметрами и минимальной стоимостью. Комплектация модулей может быть самой разнообразной. При этом в конечном итоге станок будет иметь близкие массогабаритные показатели, но совершенно разные параметры точности и жесткости, которые, собственно, и определяют область рационального применения.

Одним из главных вопросов, требующих первоочередного решения при подборе модулей, является адекватный выбор элементов привода главного перемещения и приводов подач. При этом обязательна ориентация на требуемую техническим заданием точность позиционирования исполнительных органов и точность обработки.

В качестве источника движения и перемещения исполнительных органов станков используют либо шаговые двигатели (ШД), либо серводвигатели (сервоприво-

ды). Шаговые электродвигатели давно и широко применяются в промышленности, так как имеют высокую надежность и длительный срок службы. Главное преимущество ШД – высокая точность позиционирования: при подаче тока на обмотки ротор поворачивается строго на определенный угол. В настоящее время наибольшее распространение получили двигатели с шагом 1,80 (200 шагов). Единственная изнашиваемая деталь шагового двигателя, срок службы которой прямо влияет на длительность эксплуатации, – подшипники. Помимо достоинств такие двигатели имеют и ряд недостатков: высокий уровень шума, постоянный расход электроэнергии вне зависимости от нагрузки, отсутствие обратной связи при позиционировании. Часто возникает проблема потери позиции при аварийном отключении питания станка. В связи с этим применение шаговых двигателей уступает применению серводвигателей.

Строение серводвигателя более сложное: сам электродвигатель, датчик обратной связи, блок питания и управления. К недостаткам относится и высокая стоимость. По диапазонам скоростей вращения и разгона, расходу электроэнергии при малых нагрузках серводвигатели многократно превосходят шаговые двигатели. По точности перемещений шаговые двигатели (при хорошей механике точность не ниже $\pm 0,01$ мм) значительно уступают высококачественным серводвигателям, у которых точность не ниже $\pm 0,002$ мкм. Однако сервоприводы для позиционного управления могут давать погрешность, значительно превышающую погрешность в ШД.

Двигатели через муфту передают вращение винту шарико-винтовой или ролико-винтовой передач, которые классифицируются в зависимости от точности, грузоподъемности и технологии изготовления. Винты со шлифованными витками по сравнению с винтами с накатанной резьбой более точные, но менее грузоподъемные. Передачи разделяются по классам грузоподъемности и классам точности. Параметры точности передачи и двигателя должны быть согласованы меж-

ду собой. Нет смысла заказывать винт высокого класса точности со шлифованными витками и погрешностью шага не более $\pm 0,001$ мм при использовании в паре с шаговым двигателем с точностью позиционирования $\pm 0,01$ мм. Вся точность шагового двигателя рассеивается в недрах работающей с ним в паре ременной передачи, для которой неизбежна потеря точности в связи с проскальзыванием ремня (как ни странно, такое решение встречается в конструкциях продающегося дешевого оборудования и, видимо, является результатом погони производителя за прибылью).

Не менее ответственными элементами являются направляющие, которые бывают роликовыми, шариковыми, линейными и т.д. Потенциальные потребители имеют широкий выбор направляющих как по размерам, так и по нагрузочной способности (базовая динамическая нагрузка – от 8,3 до 19 кН). Размеры изменяются от миниатюрных (610x20x10 мм) до достаточно больших. Длина направляющих практически не ограничена, так как рельсы могут быть составлены из нескольких кусков шириной до 170 мм и высотой до 90 мм.

В точном машиностроении и станкостроении получили распространение шариковые рельсовые направляющие качения, у которых радиус кривизны дорожек близок к радиусу шариков. Поверхность контакта шариков при приложении нагрузки в этом случае получается не меньше поверхности контакта роликов в системе роликовых направляющих (в особенности при наличии таких погрешностей монтажа, как непараллельность, разновысотность, извернутость). В результате нагрузочная способность у соответствующих исполнений шариковых направляющих при тех же размерах может быть и выше, чем у роликовых направляющих.

Наиболее часто применяются линейные направляющие. Они обладают множеством достоинств: при небольших габаритах позволяют выдержать точность позиционирования 23 мкм на длине около 300 мм с базовой динамической грузоподъемностью от 0,52 до 14,88 кН и базовой ста-

тической грузоподъемностью 0,76...21,21 кН.

Кроме перечисленных функциональных модулей, без которых не обходится ни одна единица модульного оборудования, в настоящее время выпускаются достаточно доступные шпиндели, поворотные столы, системы автоматизированной смены инструмента, системы контроля и настройки инструмента на размер. Наличие таких модулей позволяет решать задачи создания модульного оборудования для достаточно специфических и требовательных к условиям обработки процессов: электрохимической, электроэрозионной, электромеханической обработки, а также различных процессов упрочняющей обработки, например упрочнения волной деформации при статико-импульсной обработке [2-5].

Точность обработки детали на станке зависит не только от точности основных модулей приводов главного движения и подач, направляющих и винтовых передач, но и от точности изготовления, погрешностей формы и отклонений взаимного расположения базовых деталей: столов, станины. Кроме того, точность обработки зависит от жесткости корпусных и базовых элементов, которая характеризует способность элементов оборудования сопротивляться упругим деформациям под действием сил резания и деформирования. Если конструкция станка нежесткая, движущиеся элементы исполнительных органов деформируются в процессе обработки под действием сил резания, направляющие прогибаются вместе со станиной и вибрируют – полученная точность обработки будет многократно хуже заявленной по параметрам двигателя точности позиционирования.

Во многом жесткость станка обеспечивается за счет недеформируемой станины, материал которой к тому же должен обладать свойством гашения вибраций, инициатором которых является сам процесс резания. Для этого базовые элементы станков, такие как станина, передняя и задняя бабки, стандартно изготавливаются из чугуна или низкоуглеродистой стали.

Известно, что наиболее высокие результаты дает использование в качестве материала станины природного камня – гранита. Его свойства придают оборудованию высокую жесткость, точность и температурную стабильность. Несмотря на превосходные характеристики оборудования с гранитными элементами, его применение не получило широкого распространения вследствие высокой трудоемкости точной обработки камня.

Очередным этапом совершенствования материалов для производства базовых элементов стало применение как обычных песчано-цементных, так и полимерных бетонов, свойства которых близки, а отдельные и превосходят свойства природного гранита [6; 7]. Важнейшим свойством этих материалов является возможность литья полимера в формы.

Богатейший опыт работы с полимерным бетоном имеет ЭНИМС. Материал, разработанный специалистами данного института, получил название «синтегран» (синтетический гранит). Экономическая эффективность производства синтегрانا по сравнению с чугунным литьем характеризуется следующими данными:

- экономия энергетических ресурсов в 2-3 раза;
- снижение общего расхода основных и вспомогательных материалов в 1,2 - 1,4 раза;
- сокращение производственных площадей в 3-4 раза;
- снижение выделения газов в 6,5 раза;
- снижение количества пыли в 10 раз.

Однако, несмотря на все свои достоинства, полимербетон не так популярен на станкостроительных предприятиях. Это объясняется недостаточной изученностью материала и технологических тонкостей производства из него станин. Известен опыт его применения для производства базовых элементов шлифовальных станков (ООО «ПО «Липецкая станкостроительная компания»), производства станин для тяжелых вертикально-фрезерных станков

(Ульяновский завод тяжёлых и уникальных станков).

Следовательно, несмотря на несомненный интерес и перспективность полимербетонов для применения в конструкциях жестких модульных станков, необходимо проведение серьезных исследований с целью уточнения рецептуры и технологии.

В настоящее время большинству потребителей хотелось бы получить станок если не полностью автоматизированный, то с числовым программным управлением (ЧПУ). Современные системы ЧПУ позволяют быстро и достаточно просто написать управляющую программу (УП), при необходимости внести в нее нужные изменения, коррекции. Возможно загрузить УП, разработанную в другой системе, импортировать графический файл (пример: в программу *KCam* импортируется чертеж из программы графического вывода *CorelDraw*). При этом все геометрические характеристики применяемых режущих инструментов сохраняются в самой программе (к примеру, программа *Mach 3* сохраняет в памяти информацию о 256 инструментах одновременно). СЧПУ позволяет не только перемещать инструмент по заданной эквидистанте относительно обрабатываемого контура детали, но и управлять шаговыми или серводвигателями, шпинделем, включением и выключением подачи СОЖ (разработчиком может быть запрограммировано сразу несколько видов подачи: газообразная, жидкостная или их комбинация). Современные системы СЧПУ дают возможность применения различных вариантов быстрого позиционирования с упрощением ввода команд посредством «горячих клавиш»; возможность «воздушной обработки» УП.

В последние десятилетия рынок систем ЧПУ взял четкий курс на системы с открытой архитектурой. Главным преимуществом открытой архитектуры перед закрытой (программно-аппаратно законченной) является гибкость и расширяемость. Она позволяет в кратчайшие сроки скомпоновать СЧПУ практически под любой функционал технологического оборудования. В дальнейшем, при необходи-

мости, возможна модернизация оборудования под любые возникающие производственные потребности, например дооснащение оборудования средствами контроля и измерения положения инструмента либо добавление наклонных и поворотных механизмов. СЧПУ открытого типа позволяет осуществлять подобные изменения путем добавления в состав соответствующих контроллеров электроавтоматики, движения, измерения, модулей ввода-вывода и модификации сервисной и интерфейсной программ.

СЧПУ с открытой архитектурой широко представлены на рынках всего мира как зарубежными производителями (*Siemens, Heidenhain, GE Fanuc Automation, Mitsubishi, Okuma, Fagor, Bosch Rexroth*), так и отечественными компаниями (ООО «Модмаш-Софт», ЗАО «Микрос», компания «Балт-Систем», ООО «Ижпрэст»).

Система управления станком является сложной, многокоординатной системой. Система с открытой архитектурой как нельзя более подходит для решения данной нестандартной задачи. Сенсорный монитор СУ является средством визуализации и диалога с оператором установки. Промышленный компьютер служит для исполнения прикладной части программного обеспечения, связи и диагностики СУ.

Для осуществления программного управления служит контроллер ЧПУ. Ему подчинены приводы подач обрабатывающих модулей, привод главного движения (шпинделя) и контроллер устройства автоматической смены инструмента. Задачей контроллера ЧПУ является формирование команд управления согласно программе и синхронизация починенных ему элементов. Задачей приводов и контроллеров является автономное выполнение предписанных им функций в соответствии с полученной командой.

С целью автоматизации широко используются САД и САМ-системы. САМ-системы отвечают за разработку технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траек-

торий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, генерацию постпроцессоров для конкретных типов оборудования с ЧПУ, расчет норм времени обработки. САД-системы в машиностроении подразделяют на системы двухмерного (2D) и трехмерного (3D) проектирования. На данный момент разработано огромное количество программ, позволяющих успешно решать задачу автоматизации работы практически любого станка:

- *DeskCNC* «Артмастер» (управление фрезерными и лазерными станками);
- *Mach* (фрезерные, гравировальные, сверлильные, токарные станки, а также станки для лазерной обработки);
- *Kcam* (фрезерные, токарные станки);
- *SolidCAM* (управление фрезерными, токарными и фрезерно-токарными станками);
- *SprutCAM* (токарные, фрезерные, проволочно-эрозионные станки, станки для лазерной, газовой (кислородной и азотной), гидроабразивной резки).

Таким образом, в настоящее время имеются все необходимые компоненты для удовлетворения потребностей широкого круга заказчиков путем адресной разработки модульного оборудования. Потенциально существует возможность размещения на исполнительных органах как характерной, так и нетипичной для металло-режущих станков оснастки, например приборов контроля, датчиков перемещений, газовых и плазменных сопел, ультразвуковых переключателей и т.п. Это позволяет создавать уникальные образцы оборудования под конкретные потребности производства.

Наличие и широкий выбор модулей дает возможность разрабатывать конструкцию станка и технологию производства конкретной детали, что дает новое развитие инжиниринговым центрам и творческим научным коллективам. В конечном счете применение модульного оборудования для производства наукоемких изделий позволит существенно сократить время, необходимое для освоения

производства новой сложной техники, и более полно удовлетворяют растущие потребности общества. Специализированные жесткие и точные малоразмерные станки в ряде случаев могут составить достойную конкуренцию среднеразмерным станкам с ЧПУ при решении конкретных производственных задач.

Модульное оборудование получает все более широкое применение как в нашей стране, так и особенно за рубежом. Ведущие мировые производители обрабатывающего и измерительного оборудования давно распространили модульный принцип построения на контрольно-измерительное оборудование, целый ряд приборов, роботов самого разного назначения, других мехатронных изделий. Такое оборудование успешно экспонируется на зарубежных профессиональных выставках. Вполне вероятно, что в недалеком будущем широкое применение найдут аддитивные модульные станки, позволяющие вырастить деталь нужной формы и размеров, а не обрабатывать исходную заготовку, удаляя лишний материал. На сегодня такие технологии еще слишком сложны, но наука не стоит на месте.

Сегодня в России необходимо создать массовый сегмент рынка – заменить древние универсальные станки современными модульными с ЧПУ, насытить потребность производства, в широком смысле этого слова, в современном оборудовании, обеспечить достойный уровень точности исполнения деталей.

До настоящего времени не удовлетворена огромная потребность населения в услугах по изготовлению на модульных станках самой разнообразной продукции (от ремонта и восстановления деталей снятой с производства техники до гравирования памятников и рельефных плит, изготовления оригинальных балясин для лест-

ничных пролетов). Модульные станки могут стать хорошими помощниками при решении дизайнерских задач, производстве сувенирной продукции и во многом другом.

Разнообразие потенциальных областей применения, большой объем рынка и сравнительно низкая себестоимость модульного оборудования требуют обращения на него более пристального внимания как с позиций стимулирования создания специализированных инжиниринговых центров, поддержки малого предпринимательства в рассматриваемой области, так и с позиций корректировки учебных планов соответствующих специальностей университетов.

Необходимо поднимать культуру производства путем массового обучения будущих инженеров, рабочих и даже школьников программированию систем ЧПУ не только на компьютерных симуляторах, но и на доступных, предназначенных специально для обучения модульных станках. Никакой симулятор полностью не заменит наглядного представления о процессе обработки, звука инструмента, работающего в контакте с деталью, вида снимаемой стружки. Используя только симуляторы, невозможно сформировать устойчивый навык рационального выбора современного инструмента и режимов механической обработки.

Современным специалистам нужны не только общие теоретические и практические знания по конструкциям и технологиям производства традиционного оборудования для механической обработки, но и представления о типоразмерах модулей, рациональных конструкторских решениях при проектировании, приемах достижения максимально возможной точности и жесткости, навыки создания, изготовления и программирования мехатронных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, С.Н. Российский рынок металлообрабатывающего оборудования: угрозы и возможности обеспечения технологической безопасности страны / С.Н. Григорьев, А.А. Грибков //Всероссийский экономический журнал, - 2015. - №3.
2. Киричек, А.В. Влияние режимов статикоимпульсной обработки на равномерность упрочнения поверхностного слоя / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, С.А. Силантьев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2004. - № 2. - С. 13-17.

3. Киричек, А.В. Создание гетерогенной структуры материала статико-импульсной обработкой / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев // СТИН. - 2007. - № 12. - С. 28-31.
4. Киричек, А.В. Упрочнение тяжело нагруженных деталей методом статико-импульсного ППД / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.Г. Лазуткин, С.А. Силантьев // СТИН. - 2002. - № 5. - С. 13-15.
5. Киричек, А.В. Влияние пролонгации импульса на степень деформации материала при статико-импульсном упрочнении / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2005. - № 4. - С. 6-10.
6. Барт, В.Е. Применение полимербетонов в станкостроении / В.Е. Барт, Г.С. Савина, С.А. Шевчук // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Сер. 6-3. Технология металлообрабатывающего производства. М.:ВНИИТЭМП, 1985. - Вып. 11. - 40 с.
7. Синтегран - новый конструкционный материал. - URL: <http://www.enims.ru/>.
1. Grigoriev, S.N., Russian market of metal-working machinery: challenges and possibilities ensuring technological safety of country / S.N. Grigoriev, A.A. Gribkov // *All-Russian Economical Journal*, - 2015. - No 3.
2. Kirichek, A.V., Static-pulse working mode effect upon evenness of surface layer strengthening / A.V. Kirichek, D.L. Soloviev, S.A. Silantiev // *Press-Forging Production. Material Shaping*. - 2004. - No 2. - pp. 13-17.
3. Kirichek, A.V., *Creation of Material Heterogeneous Structure by Static-Pulse Working* / A.V. Kirichek, D.L. Soloviev // *STIN*. - 2007. - No 12. - pp. 28-31.
4. Kirichek, A.V., *Heavy-Loaded Part Strengthening by Static-Pulse Method PPD* / A.V. Kirichek, D.L. Soloviev, A.G. Lazutkin, S.A. Silantiev // *STIN*. - 2002. - No 5. - pp. 13-15.
5. Kirichek, A.V., Pulse prolongation effect upon material deformation degree at static-pulse strengthening / A.V. Kirichek, D.L. Soloviev // *Strengthening Techniques and Coatings*. - 2005. - No 4. - pp. 6-10.
6. Bart, V.E., Organic concrete application in machine-tool construction / V.E. Bart, G.S. Savina, S.A. Shevchuk // *Techniques, Equipment, Organization and Economics of Metal-Working Industry*. М.: ВНИИТЭМП, 1985. - Issue 11. - pp. 40.
7. Synthegran - new structural material. - URL: <http://www.enims.ru/>.

Материал поступил в редколлегию
18.12.15.

Рецензент: д.т.н., профессор
Приокского государственного университета
Ю.С. Степанов

Сведения об авторах:

Киричек Андрей Викторович, д.т.н., профессор, проректор по перспективному развитию Брянского государственного технического университета, e-mail: avk.57@yandex.ru.

Жирков Александр Александрович, к.т.н., ст. научн. сотрудник Брянского государственного тех-

Kirichek Andrey Victorovich, D.Eng., Prof., Pro-rector of Long-Term Development of Bryansk State Technical University, e-mail: avk.57@yandex.ru.

Zhirkov Alexander Alexandrovich, Can.Eng., Bry-ansk State Technical University, e-mail: ms-portal@rambler.ru.

нического университета, e-mail: ms-portal@rambler.ru.

Федонина Светлана Олеговна, специалист по управлению инновационной деятельностью Брянского государственного технического университета, e-mail: fedonina.sv2015@gmail.com

Fedonina Svetlana Olegovna, Specialist of Bryansk State Technical University, e-mail: [fe-donina.sv2015@gmail.com](mailto:fedonina.sv2015@gmail.com).