

Граница экономически обоснованного применения специальных станков соответствует объемам восстановления деталей около 6,3 тыс. в год (табл. 5). При объемах восстановления деталей 10 тыс. в год разница затрат составляет около 16,9 млн. руб. в пользу применения специальных станков, а при достижении объемов восстановления деталей 40 тыс. в год эта разница составляет 215 млн. руб. за счет уменьшения удельных капиталовложений, отнесенных к единице продукции. Заработная плата при обработке одной заготовки на универсальном оборудовании больше в 1,77 раза соответствующего показателя при обработке на специальном станке при любых объемах выпуска. Капиталовложения в специальное оборудование при объемах восстановления 10 тыс. деталей в год превышают в 1,53 соответствующий показатель универсального оборудования. При объемах восстановления 40 тыс. деталей в год это соотношение уменьшается до 1,11 раза.

Заключение. Ресурсосберегающая обработка резанием ремонтных заготовок способствует уменьшению объема работ по нанесению восстановительных покрытий и сохранению усталостной прочности деталей. Наибольшая актуальность ресурсосберегающей обработки имеет место при восстановлении деталей, для которых предусмотрены ремонтные размеры, в этом случае должны применяться единые схемы базирования на всех ремонтных заводах, что обеспечивает использование всех ремонтных размеров, предусмотренных технической документацией. Это позволит уменьшить в 2–4 раза объем работ по нанесению восстановительных покрытий (наплавкой или напылением) или использованию дополнительных ремонтных деталей. Область эффективного применения специальных станков для обработки гильз цилиндров и коленчатых валов начинается со сравнительно небольших объемов производства 6,3–10 тыс. агрегатов в год.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абакумов, Ю.Ф. Реновация в машиностроении / Ю.Ф. Абакумов [и др.] // Труды ГОСНИТИ: Восстановление и упрочнение деталей. – М.: ГОСНИТИ, 2013. – Том 113. – С. 249–257.
2. Харламов, Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин: учеб. пособие: в 2 т. / Ю.А. Харламов, Н.А. Будагьянц. – Луганск: Изд-во Восточноукр. национ. ун-та им. В.И. Даля, 2003. – Т. 1. – 496 с.
3. Харламов, Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин: учеб. пособие: в 2 т. / Ю.А. Харламов, Н.А. Будагьянц. – Луганск: Изд-во Восточноукр. национ. ун-та им. В.И. Даля, 2003. – Т. 2. – 480 с.
4. Иванов, В.П. Сбережение остаточной долговечности деталей при ремонте машин / В.П. Иванов В.П., А.А. Мерзлов // Вестник ПГУ: Прикладные науки. – 2005. – №. 6 – С. 173–176.
5. Иванов В.П. Повышение эффективности процессов восстановления деталей / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк // Труды ГОСНИТИ: Научные проблемы развития ремонта, технического обслуживания машин, восстановления и упрочнения деталей. – М.: ГОСНИТИ, 2012. – Том 110. – Ч. 2. – С. 4–7.
6. Иванов, В.П. Выбор технологических баз при обработке резанием восстанавливаемых коленчатых валов / В.П. Иванов, Т.В. Вигерина // Композиционные материалы и защитные покрытия: материалы научно-технического семинара (Минск: ОИМ НАН Б, 27–28 ноября 2012 г.) – Минск: ОИМ НАН Б. – 2012. – С. 38–42.
7. Иванов, В.П. Подготовка ремонтного производства / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк – Новополоцк: ПГУ, 2011. – 272 с.

Материал поступил в редакцию 24.12.13

IVANOV V.P, KASTRUK A.P. Full use of residual durability of details – a basis of efficiency of repair of cars

Perfection of system of quality of repair of autotractor engines by introduction of not depersonalized repair. Actions of perfection of system of quality of repair of the autotractor engines which introduction in manufacture allows to increase a technological level of assemblage of autotractor engines and quality of their repair are offered.

УДК 62-21:621.797

Иванов В.П., Вигерина Т.В., Семенов В.И.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТАНИН ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Введение. Станина – основная часть металлорежущего станка или оборудования другого вида, на которую устанавливают все механизмы. Относительно нее перемещаются подвижные механизмы и обрабатываемые изделия. Станины изготавливают литьем из серого чугуна марок СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35 или высокопрочного чугуна ВЧ45 (толщина стенок 10–15 мм для легкого и 25–35 мм для тяжелого оборудования).

Основной элемент станины, оказывающий наибольшее влияние на качество обработанных деталей – это направляющие скольжения или качения. Профиль сечения направляющих в зависимости от их назначения и нагрузок может быть треугольным, прямоугольным, трапецевидным, круглым или комбинированным. Направляющие скольжения выполняют или заодно со станиной, или они могут быть накладными из азотируемых или цементуемых сталей, закаленных до высокой твердости, антифрикционных металлов или пластмасс, закрепляемых винтами или клеем.

От конструкции, жесткости, точности изготовления и восстановления станины, формы и размеров направляющих и ряда других факто-

ров зависят эксплуатационные характеристики оборудования [1].

Повреждения и способы их определения. Основные повреждения станин – это износ и деформация направляющих. Наблюдаются также деформация и износ отверстий под подшипники, трещины в стенках и обломы элементов станины.

Износ и деформация направляющих вызывает снижение точности обработки на станке. Допустимый износ направляющих зависит от служебного назначения и класса точности станка. Для станков нормальной точности он составляет 0,2 мм, а для прецизионного оборудования – 0,002–0,03 мм на длине 1000 мм.

Направляющие станины в процессе эксплуатации станка изнашиваются неравномерно (рис. 1). Так, у токарных станков типа 16К20, имеющих направляющие симметрической и несимметричной треугольной и плоской формы в сечении, наибольший износ имеет место на плоскости А, как наиболее нагруженной. На этом участке износ накапливается в среднем до 0,12 мм за год при условии работы оборудования в две смены в среднесерийном производстве. По сравнению с поверхностью А поверхность В изнашивается на 25 %

Вигерина Татьяна Владимировна, ст. преподаватель кафедры технологии конструкционных материалов Полоцкого государственного университета.

Семенов Владимир Иванович, к.т.н., доцент кафедры технологии конструкционных материалов Полоцкого государственного университета.

211440, Беларусь, г. Новополоцк Витебской обл., ул. Блохина, 29.

меньше, а поверхность С – в 5 раз меньше [2]. Если износ направляющих превышает 0,2 мм, то виброустойчивость станка значительно снижается, и хотя по условиям обеспечения заданной точности изготавливаемых деталей допустимо продолжение эксплуатации станка, приходится направлять его в капитальный ремонт из-за ухудшения качества поверхности изготовленных деталей (следы вибрации) или потери производительности.

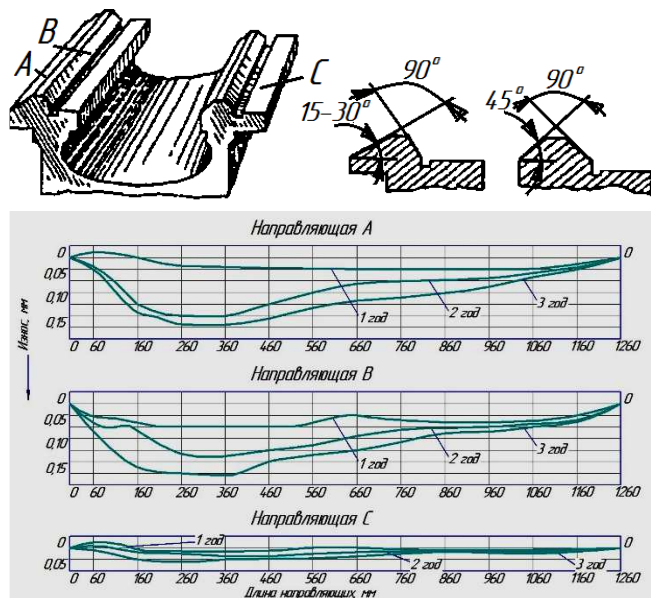


Рис. 1. Зависимость износа направляющих станины токарного станка по длине

Допустимый износ U_{max} направляющих определяют по формуле

$$U_{max} = \delta(L_0/L_1)^2 \cos \alpha,$$

где δ – нормативная погрешность обработки на станке (допуск на деталь), мм; L_0 – длина направляющих станины, мм; L_1 – длина обрабатываемой заготовки, мм; α – угол при вершине сечения направляющих, рад.

Для измерения износа поверхностей направляющих используют способ «искусственных баз», который заключается в том, что на направляющих заранее выполняют лунки установленной формы. На изменение режима трения они практически не оказывают влияния, так как их размеры малы: глубина 50–75 мкм, длина 1,7–2,0 мм, расстояние между лунками 100–200 мм. Лунки на поверхности трения получают вдавливанием алмазной пирамиды (способ отпечатков) или вращающимся твердосплавным роликом (способ «вытирания»). Второй способ предпочтительнее, так как по сторонам лунки не происходит вспучивания металла, что позволяет производить измерения более точно. Лунки наносят на поверхность направляющих посередине в направлении, перпендикулярном движению, чтобы при изнашивании поверхности концы лунок оставались четкими. По уменьшению глубин лунок за время работы оборудования судят об износе направляющих. Глубина лунки h равна

$$h = l^2/8r,$$

где l – длина лунки; r – радиус кривизны углубления.

Длину l лунок измеряют с помощью отсчетного микроскопа МИБ-

Таблица 1. Характеристика способов обработки направляющих станин

Способ обработки	Износ, мм	Относительная трудоемкость, %	Шероховатость, Ra , мкм	Отклонение от прямолинейности, мкм/1000 мм
Шабрение	$\leq 0,2$	100	0,4	6–10
Шлифование	$\leq 0,3$	35	0,8	
Тонкое фрезерование	$> 0,3$	30	0,8	
Строгание с последующим шлифованием	$> 0,3$	50	0,8	
Строгание с последующим шабрением	$> 0,3$	60	0,4	

2 с микрометрическим винтом.

Отклонение от прямолинейности и плоскостности направляющих проверяют лекальной линейкой или более точно – с помощью технологического моста [2]. Лекальную линейку прикладывают ее рабочим ребром к контролируемой поверхности. Износ определяют щупом, вставляя его между линейкой и направляющей. Способ применяют для проверки коротких направляющих, длина которых не превышает 9/10 длины линейки.

Состояние отверстий под подшипники определяют с помощью микроинструментов, резьб – калибрами, а стенок – осмотром.

Восстановление направляющих. Выбор способа восстановления направляющих станины определяется характером и значением их износа. В ремонтной практике для восстановления направляющих без нанесения покрытий применяют шабрение [с притиркой], шлифование, тонкое фрезерование, строгание с последующим шлифованием, строгание с последующим шабрением. В таблице 1 приведены сведения, которые характеризуют трудоемкость и эффективность некоторых способов восстановления направляющих станин.

При износе направляющих станин до 0,03 мм используют шабрение или шабрение с притиркой алмазной пастой. Однако восстановление направляющих шабрением отличается значительной трудоемкостью и стоимостью с низкой производительностью, хотя оно обеспечивает высокую точность контакта сопрягаемых поверхностей (до 30 пятен на площади квадрата со стороной 25 мм). Качество шабрения контролируют поверочными линейками или на плитках, а также на краску по числу пятен на единице площади. В качестве краски применяют берлинскую лазурь, ламповую сажу, синьку и другие краски, которые разводят на машинном масле.

При износе направляющих станин 0,03–0,30 мм их восстанавливают шлифованием и шабрением. Шлифование обеспечивает высокую точность и малую шероховатость поверхностей направляющих. Если стальные или чугунные направляющие станин закалены токами высокой частоты или наклепаны (вибрационным обкатыванием и др.), то их только шлифуют. Шлифование выполняют на плоскошлифовальных или продольно-строгальных и фрезерных станках, оснащенных шлифовальными приспособлениями. На Полоцком заводе «Проммашремонт», например, было внедрено шлифование направляющих станин токарных станков с помощью шлифовальной головки на станке 6М610МФ3.

Если износ направляющих находится в пределах 0,3–0,5 мм, то их строгают с последующим шабрением или шлифованием. При восстановлении незакаленных направляющих предпочтительно тонкое строгание. Оно обеспечивает высокую точность обработки и шероховатость поверхностей $Ra 0,32$ мкм. Его выполняют широкими резцами, оснащенными пластинами твердого сплава ВК6 или ВК8, с доведенной режущей кромкой. Применение резцов с широким лезвием облегчает настройку суппорта станка по профилю направляющей и позволяет уменьшить число ходов при строгании. Обработку выполняют за несколько ходов: сначала производят два хода с глубиной резания до 0,1 мм, затем три-четыре хода с глубиной резания 0,03–0,05 мм.

При износе направляющих более 0,5 мм их восстанавливают строганием или фрезерованием на продольно-строгальных или продольно-фрезерных станках в несколько ходов (черновых и чистовых).

Порядок обработки направляющих станин следующий. Станину устанавливают в средней части стола станка и слегка закрепляют. Затем перемещением стола проверяют параллельность поверхностей, подлежащих обработке, с траекторией главного движения инструмента. Проверку выполняют индикаторной головкой, установленной на суппорте станка. Отклонение от параллельности не должно превышать 0,04/1000 мм. Станину закрепляют, выполняют пробную обработку любой из горизонтальных поверхностей до устране-

ния износа. Затем посредством контрольной линейки и щупа определяют отклонение поверхности от прямолинейности Δ , обусловленное жесткостью заготовки.

После этого станину принудительно деформируют с помощью болтов с гайками и прихватов. Под основание станины устанавливают стальные клинья 1 (рис. 2 а и б), имеющие уклон 30–40° и толщину около 0,1 мм у острого конца. Прихватами на четырех участках А и Б деформируют восстанавливаемую станину в вертикальной плоскости на значение отклонения от прямолинейности Δ , которое определили при пробной обработке. Его выполняют один раз; полученное значение Δ принимают за постоянное при последующих восстановлении станин оборудования разных моделей аналогичной длины. Если отклонение Δ направлено в сторону вогнутости (рис. 2 а), то станину прогибают на $\Delta = 0,02$ мм в том же направлении и устраняют износ направляющих обработкой. Для прогиба станины в ее средней части (см. рис 2 а) клинья устанавливают ближе к концам, а прихваты – ближе к середине, как показано стрелками А. Для выгиба станины в средней части (см. рис. 2 б) клинья устанавливают ближе к середине, а прихваты – ближе к краям, как показано стрелками Б. Требуемое значение прогиба или выгиба станины обеспечивают подтягиванием болтов прихватов и перемещением клиньев легкими ударами молотка. При выполнении этой операции деформацию станины контролируют индикаторной головкой, измерительный стержень которой подводят к точке 0 – месту максимальной деформации. Окончательно точность положения проверяют при закреплении болтов. Обрабатывают поверхности, учитывая их износ. После окончания обработки отпускают болты крепления, удаляют прихваты и клинья. Станина распрямляется, и ее направляющие становятся прямолинейными. Это происходит вследствие того, что при обработке на концах станины снимается большой слой металла, чем в ее середине. Точность направляющих после обработки проверяют технологическим мостом.

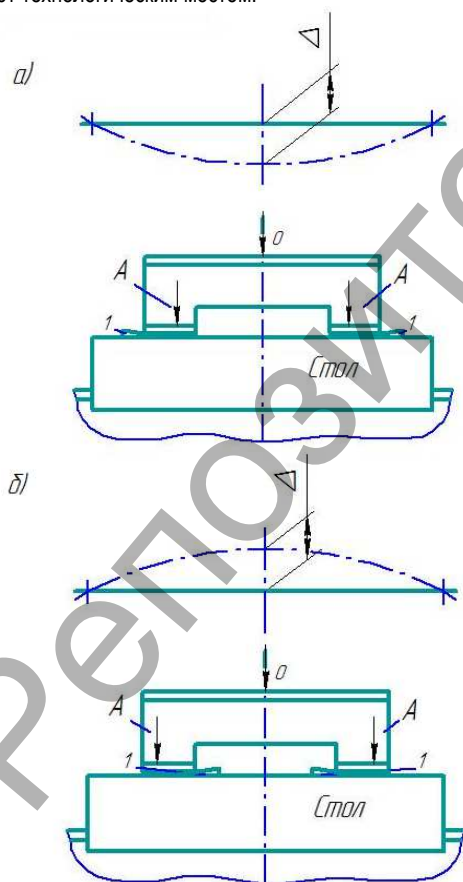


Рис. 2. Схемы деформирования станины при ее установке для обработки на столе станка: а – в сторону вогнутости, б – в сторону выпуклости

Для повышения износостойкости направляющих после обработки резанием их закалывают токами высокой частоты или газовым пламенем, проводят наклепывание шариками или вибронакатывание.

Указанные повреждения устраняют также напылением. Для этого после подготовительных операций на поврежденное место напыляют цинковый сплав ЦАМ 10-5, латунь ЛЦ38Мц2С2 или монель-металл. После напыления направляющие шлифуют и шабруют. Износостойкость направляющих, восстановленных этим способом, (по сравнению, например, с закаленной сталью 45) повышается в два раза. Оплавление порошкового покрытия лазерным лучом дает дополнительное повышение износостойкости в 1,3–2,0 раза по сравнению с обработкой газовым пламенем. Материал покрытий после лазерного оплавления обладает пониженным схватыванием в условиях граничной смазки при изменяющихся в широких пределах давлении и скорости скольжения, характерных для большинства направляющих станков.

Применение финишной лазерной обработки (оплавление выступов шероховатости) уменьшает шероховатость в 1,5–2,5 раза, шаги неровностей – до 4 раз. В результате уменьшения волнистости повышается контактная жесткость поверхностного слоя в 1,5–2,0 раза, а время приработки направляющих уменьшается в 1,4–1,6 раза.

При значительных износах направляющие восстанавливают: строганием или фрезерованием с последующей установкой накладки из гетинакса Б, винилпласта 10, текстолита ПТ или ПТ-1, (накладку приклеивают клеем БФ-2, БФ-4 или эпоксидным клеем); вихревым напылением полиамида (капрона и др.); нанесением литьевым способом стеракрила.

Восстановление отверстий под подшипники, в большинстве случаев связанное с наплавкой покрытий, приводит, во-первых, к деформированию детали за счет структурных превращений, сопровождающихся большими внутренними напряжениями, и во-вторых, к большому расходу материалов и повышенному объему обработки резанием, в результате которой почти весь материал покрытия срезается. Малую толщину восстановительного покрытия, соизмеримую с несоосностью отверстий и припуском на обработку, обеспечивает вневанное железнение. Обработка резанием в этом случае – это жесткое хонингование с ориентированием хонинговальной головки во втулках и базированием заготовки по направляющим. Такая операция обеспечивает минимальный расход материалов для нанесения покрытий и нормативное расположение оси отверстий относительно основных поверхностей.

Устранение трещин. Трещины в станинах могут быть устранены сваркой с последующей механической обработкой (при необходимости) и с помощью фигурных вставок.

Сварка в разделку обладает склонностью к образованию околошовных трещин. В силу значительных стягивающих напряжений и невысокой склонности к образованию околошовных трещин наиболее приемлемой с точки зрения герметичности является сварка со швами поперек трещины.

Предлагается следующий процесс устранения трещин в стенках и перемычках. Трещину не разделяют, а ее концы не засверливают. Трещину кернят по ее линии через 15–20 мм, поскольку после зачистки она становится невидимой. Зачищают поверхность вокруг трещины «как чисто», а ее снова кернят, чтобы линия была видна при сварке. Риски от зачистки должны располагаться перпендикулярно предполагаемой линии развития трещины. Вместо кернения края трещины можно заглубить на 1,0–1,5 мм в тело детали.

Наличие на поверхности детали литейной корки, рыхлот, черновин, ржавчины, влаги, пыли вызывает образование пористости швов, поэтому стенки зачищают до металлического блеска. Масло выжигают пламенем газовой горелки.

Для смыкания раскрытых трещин полезно свариваемый элемент склеить одной или несколькими накладными струбцинами. Это способствует восстановлению формы отверстий, на которые выходят трещины.

Сварку ведут перпендикулярно трещине швами длиной 15–20 мм с перекрытием на одну треть их ширины. После наложения каждого шва ожидают остывания материала примерно до 40 °С. Концы

трещины заваривают на 10–15 мм дальше видимой зоны ее распространения. Если трещина расположена в средней части детали, то ее заваривают, начиная с середины, и далее продолжают заварку попеременно в одну и другую сторону. Если трещина расположена у торца детали, то ее заварку начинают с того конца, который наиболее удален от торца, затем продолжают попеременно в одну и другую стороны от середины и от концов. После наложения швов на середине и концах трещины последующие швы равномерно распределяют по всей длине трещины. Укорачивающиеся швы при охлаждении плотно смыкают поверхности трещины.

Трещины в стенках устраняют также установкой фигурных вставок из малоуглеродистой стали. Форма каждой вставки набрана из цилиндров с параллельными осями, расположенными в одной плоскости. Диаметр окружности в основании цилиндров равен 3,5, 4,8 или 6,8 мм. Вставки бывают уплотняющими (устанавливают вдоль трещины) и стягивающими (устанавливают поперек трещины). Расстояния между осями отверстий в восстанавливаемой детали и осями цилиндрических элементов уплотняющей вставки равны между собой. Шаг между осями цилиндров стягивающих вставок на 0,2 мм меньше, чем шаг отверстий в восстанавливаемой детали для вставок. Вставки, смазанные эпоксидным компаундом, запрессовывают молотком в предварительно подготовленные ряды отверстий в детали.

Трещины длиной до 50 мм устраняют только стягивающими фигурными вставками, а более 50 мм – уплотняющими и стягивающими вставками. Высота уплотняющих вставок – 10–15 мм, а стягивающих – 3 мм. Высота уплотняющих вставок превышает толщину стенки восстанавливаемой детали, а высота стягивающих вставок составляет часть этой толщины. Выпускают комплект ОР-11362, в состав которого входят фигурные вставки и необходимый инструмент. Способ отличается простотой и небольшой трудоемкостью, он доступен любому ремонтному предприятию и мастерской.

Устранение обломов. Сломанные выступающие части станины (кронштейны, ушки, приливы) восстанавливают приваркой отломанной части или установкой дополнительной ремонтной детали [3], в качестве которой служит заготовка, по форме и размерам соответствующая разрушенному элементу детали, а после установки служит в качестве ее части. В последнем случае оставшуюся на станине часть сломанного элемента удаляют (фрезерованием или опиливанием); затем изготавливают дополнительную ремонтную деталь, которую приваривают к станине и окончательно обрабатывают.

Восстановление резьбовых отверстий эффективно путем установки спиральных резьбовых вставок из проволоки ромбического сечения. Материал спиральной вставки – коррозионностойкая аустенитная хромоникелевая сталь 12Х18Н9Т или 12Х18Н10Т. Проволоку получают путем волочения проволоки круглого сечения на станке ВФР-4.

Способ позволяет повысить прочность резьбовых отверстий, восстанавливать резьбы в тонкостенных деталях под номинальный размер и снизить износ резьбовой поверхности при разборке и сборке агрегата. Соединения со спиральными вставками хорошо работают при динамических нагрузках. Прочность таких соединений на 35–40 % выше, а частота их отказов в 5–7 раз ниже, чем соединений без вставок. Объясняется это тем, что в спиральной вставке нагрузка на витки распределяется более равномерно по причине их большей податливости. Сравнение способов восстановления резьбовых отверстий приведены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели способов восстановления резьбовых отверстий

Способ восстановления	Относительная стоимость	Коэффициент долговечности
Обработка под ремонтный размер	1	0,95
Заварка	1,13	0,85
Установка резьбового трубчатого свертыша	1,46	1,00
Установка резьбовой спиральной вставки	0,47	1,50

Контроль восстановления. Процесс восстановления станины завершает операция контроля, оснащенная средствами для измерения геометрических параметров, физико-механических свойств и других характеристик [4], которая устанавливает соответствие параметров восстановленной детали требованиям технической документации (чертежа или карты технического контроля).

Заключение. Предложенные в работе способы восстановления направляющих станин технологического оборудования, отверстий под подшипники и резьбовых отверстий с устранением трещин и обломов позволяют продлить срок службы этого оборудования с нормативным качеством последующей обработки заготовок.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Палей, М.М. Технологическое обеспечение качества в машиностроении / М.М. Палей, В.М. Орбинский, А.Г. Схиртладзе. – Волгоград: Политехник, 1998. – 150 с.
2. Пекелис, Г.Д. Технология ремонта металлорежущих станков / Г.Д. Пекелис, Б.Т. Гельберг. – 3-е изд., перераб и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 240 с.
3. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
4. Диагностика, испытание и ремонт станочного оборудования / В.О. Трилисский [и др.]. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2001. – 360 с.

Материал поступил в редакции 28.11.13

IVANOV V.P., VIGERINA T.V., SEMENOV V.I. Restoration the frames of technological equipment

Damage the frames of technological equipment, allowed values, and how to define them are considered. Substantiated various ways to restore the frame rails for different values of wear. Describes how to restore the holes for the bearings, fix cracks and breaks.

УДК 629.113.004.67

Иванов В.П., Кастрюк А.П.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ НЕОБЕЗЛИЧЕННОГО РЕМОНТА

Один из ключевых вопросов организации ремонта машин: сохранять или не сохранять принадлежность деталей к конкретной машине при ее ремонте. Несмотря на кажущуюся простоту проблемы, ее решение определяет организационную форму, эффективность ремонта и сбережение доремонтного ресурса машин. Использование идей необезличенного ремонта в современных условиях целесообразно в их сочетании с принципами индустриального ремонта. Исторически первой организацией ремонта был необезличенный ремонт. Трудками Ефремова В.В. и других исследователей было установлено, что индустриализация ремонта приводит к обезличиванию предмета труда.

Труды, посвященные необезличенному ремонту, например [1, 2, 3, 4], появились сравнительно недавно. Исследования [5] подтверждают, что необезличенный ремонт целесообразен для двигателей, поступивших на ремонтное предприятие первый раз, в то время как 40 % двигателей требуют не капитального, а текущего ремонта.

С большим доремонтным пробегом (в ряде случаев превышающим нормативный) поступают агрегаты только в первый капитальный ремонт, который далеко не всегда выполняют в условиях спе-