

Actions of improvement of the quality system of repair of the autotractor engines which introduction in production allows to raise a technological level of assembly of autotractor engines and quality of their repair are offered.

УДК 631.3.02.004.67

**Иванов В.П., Кастрюк А.П., Вигерина Т.В.****НАПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ АГРЕГАТОВ****Таблица 1.** Наименование деталей, нормативные значения измеряемых параметров и средства измерений

| Детали                            | Контролируемые параметры                            |   | Средства измерений  |
|-----------------------------------|---|---|---|
|                                   | Наименования  | Значения                                      |   |
| Поршень<br>53-1004015             | Диаметр юбки<br>Конусообразность юбки               | $D^{+0,048}_{-0,012}$ * <sup>1)</sup><br>0,04 | Приспособление индикаторное 1ПП4-012А,<br>Индикатор ИЧ 10 кл. 1<br>ГОСТ 577-68  |
|                                   | Ширина канавки под верхнее<br>компрессионное кольцо | $2,5^{+0,07}_{-0,02}$                         | Калибр 1К4-118  |
|                                   | Диаметр отверстия<br>под поршневой пальцем          | $25^{+0,01}$                                  | Нутромер 18-50<br>ГОСТ 9244-75  |
| Палец поршневой<br>21-1004020     | Диаметр<br>рабочей поверхности                      | $25_{-0,01}$                                  | Микрометр МР25 ГОСТ 4381-87   |
| Вкладыши<br>коленчатого вала      | Толщина   | $t^{-0,013}_{-0,028}$ * <sup>2)</sup>         | Индикаторное приспособление 1ПП4-234<br>Индикаторное<br>приспособление 1ПП4-114 |
|                                   | Величина выступания стыка из<br>эталонной постели   |   |   |
| Втулка<br>распределительного вала | Диаметр отверстия                                   | $d^{+0,050}_{+0,025}$ * <sup>3)</sup>         | Нутромер  |

\*<sup>1)</sup>  $D = 92,0; 92,5; 93; 93,5$  мм;\*<sup>2)</sup>  $t = 1,750; 1,775; 1,870; 2,000; 2,125; 2,250; 2,375; 2,500; 2,625; 2,750; 2,875; 3,000$  мм;\*<sup>3)</sup>  $d = 50,00; 50,25; 50,50; 50,75; 51,00$  мм.

**Введение.** Экономия живого и овеществленного труда в процессе ремонта агрегатов достигается сбережением материалов и энергии. Основной путь такой экономии в ремонтном производстве – полное использование остаточного ресурса деталей за счет дифференцированного применения восстановительных операций и оборудования к конкретным деталям и устранием повреждений [1, 2].

Высокая стоимость капитального ремонта агрегатов частично объясняется применением дорогих запасных частей, затраты на приобретение которых достигают 50 % себестоимости продукции. Исследование возможности расширения номенклатуры повторно применяемых деталей за счет отбора из ремонтного фонда приобретает в настоящее время все большую актуальность.

**Углубленное определение состояния деталей и сборочных единиц ремонтного фонда.** Исследовалась возможность расширения номенклатуры повторно применяемых деталей за счет отбора из ремонтного фонда тех деталей, значения параметров которых находятся в пределах установленных допусков.

Годная деталь ремонтного фонда обходится производству в 3–5 % от цены новой детали завода-изготовителя, восстановленная – в 10–30 %, а приобретенная – в 110–200 %.

Были обследованы детали и сборочные единицы ремонтного фонда автомобильных двигателей ЗМЗ-53: поршни, поршневые пальцы, вкладыши коренных и шатунных шеек коленчатого вала и втулки распределительного вала [3, 4].

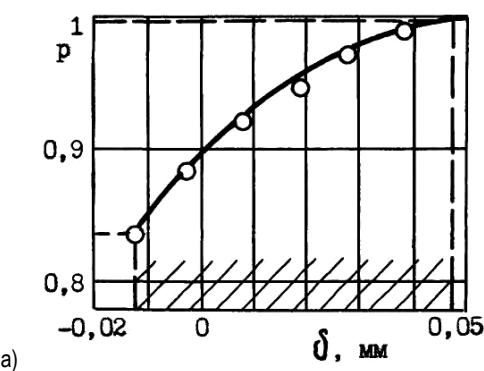
Для осмотра и измерения были представлены 1000 поршней, 700 поршневых пальцев, 1200 шатунных вкладышей коленчатого вала и 300 втулок распределительного вала, что в несколько раз превышало минимальное количество изделий в группе, необходимое для обеспечения точности результатов, соизмеримых с погрешностью применяемых средств измерений.

Нормативные значения измеряемых параметров и средства для их измерений приведены в таблице 1. Измерения производились с

помощью приспособлений и мерительного инструмента на постах определения технического состояния соответствующих деталей. Диаметры отверстий во втулках распределительного вала измерялись в запрессованном положении в блоке цилиндров.

Средние значения доли годных деталей и стандартные ошибки определения этих значений следующие (рис. 1): поршней –  $0,165 \pm 0,021$ ; поршневых пальцев –  $0,171 \pm 0,032$ ; шатунных вкладышей коленчатого вала –  $0,258 \pm 0,053$ ; втулок распределительного вала  $0,190 \pm 0,041$ . Следует добавить, что доля годных накладок ведомых дисков сцепления составляет 25–30 %.

Оснащение постов определения технического состояния деталей необходимыми средствами и организация дополнительных слесарных работ обеспечивают выявление множества деталей с размерами, формой поверхностей и их взаимным расположением, удовлетворяющими требованиям к товарной продукции, что в конечном итоге приводит к сокращению затрат на ремонт техники.



a)

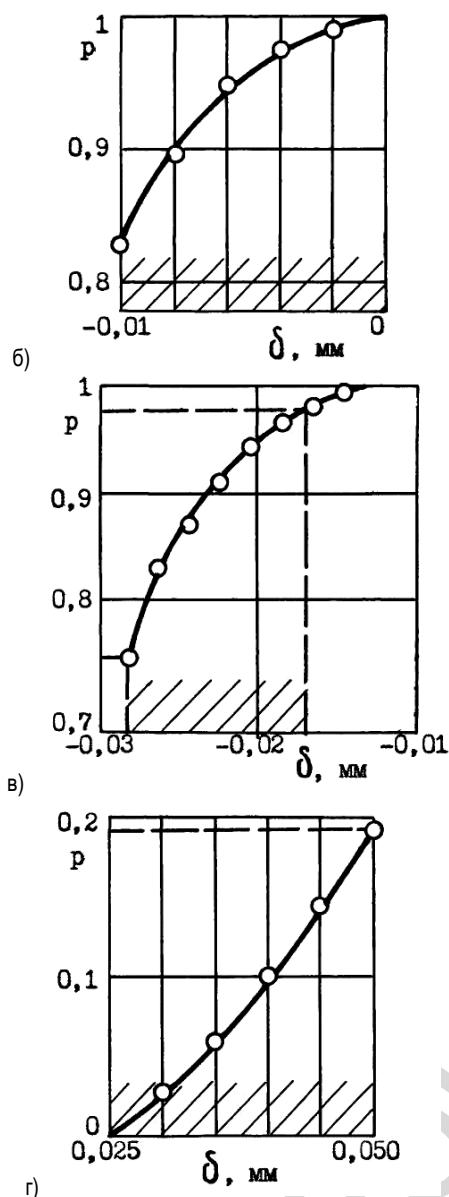


Рис. 1. Интегральные распределения  $p$  отклонений  $\delta$  от номинальных (ремонтных) размеров деталей ремонтного фонда: а – поршней (диаметра юбки); б – поршневых пальцев (диаметра рабочей поверхности); в – вкладышей (толщины); г – втулок распределительного вала (диаметра отверстий)

Наличие множества деталей с допустимыми износами объясняется меньшей наработкой отремонтированных агрегатов по сравнению с новыми, неодинаковой износостойкостью поверхностей деталей, разными условиями эксплуатации и присутствием деталей, установленных на агрегат перед сдачей его в капитальный ремонт.

Проводилась технико-экономическая оценка целесообразности указанных работ (табл. 2). С одной стороны, учитывались затраты  $3'$  в базовых величинах на создание рабочих мест по сортировке деталей ранее рассмотренного их множества и организацию соответствующих работ. Доля годных деталей, выявленных в процессе определения повреждений, устанавливалась с учетом проведенных ранее исследований. С другой стороны, рассчитывались затраты  $3''$  на приобретение запасных частей в количестве, равном числу годных деталей, обнаруженных в ремонтном фонде деталей.

Таблица 2. Значения затрат на внедрение процесса сортировки деталей, на приобретение запасных частей и значения полученного экономического эффекта

| Объемы ремонта,<br>$N$ , тыс./год | Значения затрат и эффекта, тыс. БВ |                   |                          |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------|
|                                   | затраты ( $3'$ )                   | затраты ( $3''$ ) | эффект ( $\mathcal{E}$ ) |
| 0                                 | 5,5                                | 0                 | -5,5                     |
| 0,6                               | 10,6                               | 6,7               | -3,9                     |
| 1,0                               | 12,7                               | 10,7              | -2,0                     |
| 1,6                               | 15,6                               | 17,0              | 1,4                      |
| 2,5                               | 19,8                               | 26,7              | 6,9                      |
| 4,0                               | 25,1                               | 42,6              | 17,5                     |
| 6,3                               | 28,8                               | 67,2              | 38,4                     |

Начиная с некоторого объема ремонта  $N$ , затраты  $3'$  на сортировку деталей ремонтного фонда и ее организацию становятся меньше затрат  $3''$  на приобретение деталей взамен выбракованных. Названные работы экономически выгодны, начиная с небольших объемов ремонта 1,0–1,6 тыс. агрегатов в год. При объемах ремонта 6,3 тыс. двигателей ЗМЗ-53 в год экономический эффект от реализации мероприятия равен 38,4 тыс. базовых величин, что обеспечивает уменьшение себестоимости ремонта двигателей на 15–20 %.

Техническое состояние некоторых сборочных единиц определяют без их разборки по критерию расхода или давления масла.

Увеличенные зазоры между осью и втулками коромысел определяют на стенде. Сборочную единицу устанавливают крайними стойками на шпильки стендса. В свободные стойки устанавливают заглушки. Масло во внутреннюю полость оси подают насосом под давлением 0,06–0,08 МПа. При допустимых износах в соединениях (22,4 % случаев) масло вытекает из-под каждой втулки каплями или прерывистой струйкой. Большой расход масла указывает на предельные зазоры в соединениях.

Показателем послеремонтного ресурса масляного насоса является давление масла, развиваемое при работе насоса. Работоспособным после ремонта признается масляный насос, например двигателя ЗМЗ-53, который развивает давление 0,12 МПа смеси из 90 % керосина и 10 % масла М8В1 при частоте вращения вала  $4,17 \pm 0,417 \text{ с}^{-1}$  и давление 0,4–0,5 МПа при частоте  $12,08 \pm 0,417 \text{ с}^{-1}$ . Смесь вытекает из отверстия диаметром  $1,5^{+0,2}$  и длиной  $5^{+0,1}$  мм. Если при диагностировании насос развивает давление не менее верхнего предельного значения (13,3 % случаев), установленного Руководством по капитальному ремонту, то он обладает ресурсом до следующего ремонта. В таком насосе лишь проверяют и регулируют редукционный клапан.

Подопытная эксплуатация агрегатов с указанными сборочными единицами подтверждает, что последние обладают запасом долговечности до следующего ремонта.

**Учет технического состояния исходных заготовок при восстановлении деталей.** Действующая концепция восстановления деталей предполагает, как правило, бинарный принцип определения каждого повреждения (оно есть или его нет) и однозначность технологии его устранения. При этом глубоко не учитывается состояние восстанавливаемых элементов, а технология построена на устраниении повреждения с наибольшим значением его характеристики, что сопряжено с повышенным расходом труда и производственных ресурсов.

В трудах С.Ф. Щетинина, Ш.М. Билика, И.Б. Гурвича, К.Т. Кошкина, Э.С. Финкельштейна, Б.К. Буравцева, С.К. Буравцева и других ученых приведены характеристики повреждений на деталях различных классов, но принятая концепция восстановления деталей не способствует использованию этих сведений.

Дифференцированное назначение совокупности технологических операций по устраниению повреждений с учетом характеристик этих повреждений даже при многовариантном восстановительном процессе обеспечивает уменьшение потребления производственных ресурсов.

Исследования проводились на примере восстановления коренных опор корпусной детали двигателя ЗМЗ-53 – блока цилиндров. Предполагалось, что деталь в течение всего срока службы проходит три восстановления этого элемента. Рассматривались процессы восстановления в двух вариантах (табл. 3).

**Таблица 3.** Сопоставление операций и затрат при восстановлении коренных опор блока цилиндров двигателя ЗМЗ-53 без учета (базовый вариант) и с учетом (новый вариант) технического состояния детали

| Базовый вариант   |             | Новый вариант   |             |
|---|-------------|---|-------------|
| Содержание процесса   | Затраты, БВ | Содержание процесса   | Затраты, БВ |
| <b>ПЕРВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ</b>   |             |   |             |
| Растачивание крышек со снятием припуска 0,05 мм                     | 0,125       | Шлифование стыка крышек со снятием припуска 0,10 мм                 | 0,254       |
| Наплавка поверхностей крышек латунью Л63                            | 0,224       | Хонингование коренных опор  | 0,231       |
| Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5 | 0,316       |   |             |
| Растачивание опор черновое  | 0,058       |   |             |
| Растачивание опор чистовое  | 0,108       |   |             |
| Всего затрат  | 0,831       |   | 0,485       |
| <b>ВТОРОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ</b>   |             |   |             |
| Наплавка поверхностей крышек латунью Л63                            | 0,224       | Шлифование стыка крышек со снятием припуска 0,20 мм                 | 0,254       |
| Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5 | 0,316       | Растачивание коренных опор  | 0,108       |
| Растачивание опор черновое  | 0,058       |   |             |
| Растачивание опор чистовое  | 0,108       |   |             |
| Всего затрат  | 0,706       |   | 0,362       |
| <b>ТРЕТЬЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ</b>   |             |   |             |
| Наплавка поверхностей крышек латунью Л63                            | 0,224       | Точение крышек со снятием припуска 0,05 мм                          | 0,125       |
| Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5 | 0,316       | Наплавка поверхностей крышек латунью Л63                            | 0,224       |
| Растачивание опор черновое  | 0,058       | Наплавка поверхностей коренных опор блока цилиндров проволокой АК-5 | 0,316       |
| Растачивание опор чистовое  | 0,108       | Растачивание опор черновое  | 0,058       |
| Всего затрат  | 0,706       | Растачивание опор чистовое  | 0,108       |
| Итого   | 2,243       |   | 0,831       |
|   |             |   | 1,678       |

Базовый вариант предусматривает трехкратное нанесение покрытия как на поверхности коренных опор в блоке цилиндров, так и на поверхности крышек. При этом перед первым нанесением покрытия на поверхности крышек, изготовленных из высокопрочного чугуна ВЧ50, предусмотрено их предварительное растачивание, чтобы при обработке покрытия исключить контакт расточного резца с твердым, отбеленным материалом основы.

Предлагаемый вариант восстановления коренных опор учитывает порядковый номер восстановления детали и полное использование в качестве припуска поверхностного слоя металла за счет механической обработки стыков крышек.

Первые два восстановления коренных опор целесообразно производить без нанесения покрытия. Стыки опор, выполненные на крышках, шлифуют с целью уменьшения до 0,3 мм диаметрального размера отверстия в направлении, перпендикулярном стыкам. Припуск на поверхности отверстия снимают хонингованием. При растачивании ось коренных опор смещают в «тело» блока цилиндров на 0,2 мм, а восстановленные блоки цилиндров комплектуют перед сборкой укороченными шатунами. Искрение такой возможности требует нанесения покрытия только при третьем восстановлении. Сравнение производилось по критерию технологической себестоимости воздействий: при первом восстановлении коренных опор затраты отличаются в 1,71 раза в пользу предлагаемого варианта восстановления; при втором – в 1,05 раза; при третьем восстановлении – 1,18 раза в пользу базового варианта, однако суммарные затраты по предлагаемому варианту в 1,37 раза меньше, чем по ба-

зовому. Опыт показывает, что аналогичные результаты имеют место и при восстановлении других деталей.

**Заключение.** Очевидно, что процесс восстановления деталей, предназначенный в зависимости от их технического состояния, экономически выгоден по сравнению с действующими процессами. Таким образом, при первых восстановлениях деталей необходимо наиболее полно использовать поверхностный слой изношенного металла с внедрением необходимых СТО, а только затем применять нанесение покрытий.

В ряде случаев целесообразно вводить ремонтные размеры с минимальным ремонтным интервалом на те элементы деталей, на которые они не предусмотрены. Полному использованию ремонтных размеров способствуют правка длинных деталей (коленчатых и распределительных валов, осей коромысел и др.), применение адаптивных схем базирования и повышение точности обработки.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Какуевицкий, В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей / В.А. Какуевицкий. – М.: Транспорт, 1993. – 176 с.
2. Какуевицкий, В.А. Восстановление деталей автомобилей на специализированных предприятиях / В.А. Какуевицкий. – М.: Транспорт, 1988. – 149 с.
3. Иванов, В.П. Ресурсосбережение в ремонтном производстве / В.П. Иванов // Весці акад. аграрных наук Рэсп. Беларусь. – 2000. – № 1. – С. 77–81.
4. Иванов, В.П. Сбережение остаточного ресурса деталей и сопряжений / В.П. Иванов // Агропанorama. – 2000. – № 2. – С. 15–18.

Материал поступил в редакцию 27.11.13

IVANOV V.P., KASTRUK A.P., VIGERINAK T.V. Directions in resource-saving during unit repair

We have justified the possibility of reusable components range expanding due to the selection of those parts from repair fund, the values of which are within the specific tolerance.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПКМ)

**Введение.** В последние десятилетие во многих странах, а особенно в странах СНГ, больших объемов достигло производство композиционных материалов, среди которых особое место занимают композиты на основе полимерных материалов. Это связано с тем, что изделия из ПКМ (стеклопластик, стеклоорганопластик, углеродорганопластик, почти все органопластики и т.п.) находят свое более широкое применение в отраслях народного хозяйства в сфере материального производства. А именно в таких отраслях промышленности как химия, строительство, транспорт (в особенности авиационный и водный), также все чаще изготавливают разный спортивный инвентарь. Это происходит потому, что ПКМ обладают значительным количеством преимуществ в плане физико-механических свойств, а именно высокой удельной прочностью, твердостью и стойкостью к влиянию окружающей среды по сравнению с металлами и их сплавами [1].

Большое количество наиболее распространенных изделий из ПКМ различного назначения имеют отверстия, к которым предъявляют повышенные требования по качеству их элементов, отклонение которых возникает в процессе обработки.

Несмотря на довольно высоком уровне разработанную технологию механической обработки отверстий, вопрос, который касается обеспечения высокого качества поверхности отверстия при высокой производительности, еще до конца не решен. И в значительной степени это относится и к механической обработке отверстий больших диаметров в изделиях из ПКМ [2].

**Постановка проблемы.** Наиболее распространенные в общей массе режущих инструментов (используемые для лезвийной обработки отверстий в ПКМ) можно разделить по методу формообразования поверхности: метод копирования – протяжка, прошивка; метод следов – сверло, зенкер, развёртка, резец, расточные головки и комбинированный инструмент (сверло-сверло, сверло-зенкер и т. п.); метод обкатки – концевые фрезы. Наряду с этим, сверла нашли свое более широкое применение, так как их используют и для предварительного образования отверстий под дальнейшее зенкерование, растачивание, развёртывание, нарезание резьбы и т. п., и для окончательной обработки. В особенности обработка сверлом во многом оправдывается как наиболее экономическое средство получения относительно не больших диаметров отверстий, но не в плане качества обработки. Потому как на рассложение ПКМ вокруг отверстия при сверлении спиральным сверлом влияет главным образом перемычка сверла, которая не режет материал, а выдавливает (сминает), и распределение сил в зоне резания [3, 4].

Также очень часто возникает необходимость обрабатывать отверстия относительно больших диаметров, которые предпочитают выполнять растачиванием, где в качестве немерного инструмента является резец, но данная задача значительно усложняется при необходимости растачивания отверстия в деталях не тел вращения.

К резанию ПКМ как технологическому способу обработки предъявляются следующие основные требования по достижению высокой эффективности: высокое качество обработанной поверхности отверстий, что включает в себя ряд показателей, характеризующихся геометрическими параметрами (точность размеров, формы его элементов и их взаимное расположение, шершавость поверхности, вспучивание кромок, рассложение, ворсистость, усадка отверстий и т.п.) и физико-химическим состоянием поверхностного слоя отверстий (деструкция поверхностного слоя, наличие остаточных напряжений); высокая производительность, экономичность.

Высокое качество поверхности отверстий занимает одно из важ-

нейших мест в эффективности механической обработки. Потому как в сборке подвижных соединений эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости поверхностного слоя полимера вследствие повышенного удельного давления на выступления неровностей и к нарушению плавности хода и т.п. А в неподвижных соединениях изделий из ПКМ отклонение формы и расположение поверхностей вызывает неравномерность натяжения, вследствие чего снижается прочность соединения, герметичность и точность центрирования. В сборках эти погрешности влекут к погрешностям базирования изделий относительно одного к другому, деформациям, неравномерным зазорам, которые вызывает нарушение нормальной работы отдельных узлов и механизма в целом. Существенным образом влияют на точность и трудоемкость сборки, снижают точность измерения размеров, влияют на точность базирования изделий при изготовлении и контроле и т.п.

Важнейшие количественные показатели геометрических и физико-химических параметров отверстия достигаются на протяжении всего рабочего процесса, осуществляемого с помощью технологической системы, которая включает в себя средства технологического оснащения (станок-приспособление-инструмент) и заготовку, между которыми протекают динамические и кинематические взаимодействия.

С момента начала механической обработки отверстия технологическая система действует, как многофакторная автоматическая система, которая находится под влиянием разных факторов. При этом реакция технологической системы приводит к нарушению заданного режима работы процесса и, как следствие, к отклонению геометрических и физико-химических параметров обрабатываемого отверстия.

При формировании отклонения геометрических параметров и параметров качества поверхности слоя отверстия при механической обработке влияет совокупность входных параметров этой системы, а также возмущающие воздействия, которые нарушают условия обработки. Все это можно выразить в общем виде следующей зависимостью:

$$\Delta_{\Sigma} = f(K, \varepsilon, \Delta Y, \Delta_h, \Delta_u, \Delta_m, \Delta_{e.u}, \Delta t, \Delta S, \Delta_{gh}, \Delta_{zh}, \Delta_k, \sum \Delta \Phi, \Delta A_{kol}, \Delta P_{cstr}), \quad (1)$$

где  $K$  – принципиальная кинематическая схема резания;  $\varepsilon$  – отклонение из-за погрешности установки заготовки;  $\Delta Y$  – отклонение через упругие деформации элементов технологической системы;  $\Delta_h$  – погрешность наладки на размер;  $\Delta_u$  – отклонение, вызванное износом режущего инструмента;  $\Delta_m$  – отклонение, вызванное физико-механическими свойствами материала (анизотропия материала и т.п.);  $\Delta_{e.u}$  – отклонение, вызванное нерационально пред назначенными геометрическими параметрами режущего инструмента;  $\Delta t$  – отклонение, вызванное тепловыми деформациями элементов технологической системы;  $\Delta S$  – отклонение от неравномерности режима резания,  $\Delta_{gh}$  – отклонение, вызванное геометрическими неточностями оборудования;  $\Delta_{zh}$  – отклонение, вызванное остаточными внутренними напряжениями;  $\Delta_k$  – погрешность текущего и окончательного контроля (измерений);  $\sum \Delta \Phi$  – суммарная погрешность формы;  $\Delta A_{kol}$  – погрешности, обусловленные амплитудой колебаний элементов в технологической системе.

**Самчук Владимир Владимирович**, аспирант кафедры металлорежущего оборудования и транспортных систем Украинской инженерно-педагогической академии.

61003, Украина, г. Харьков, ул. Университетская, 16.