

Научная статья
УДК 621.001.4

Оценка конструктивно-технологической однородности гидравлических молотов при их ремонте

Виктор Иванович Карагодин¹, Роман Алексеевич Хапугин²,
Павел Николаевич Квасов³, Чан Ван Доан⁴

^{1,2,3,4}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹bik250248@yandex.ru

²roman354245@yandex.ru

³kpn120769@gmail.com

⁴tranvandoan262@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются методы оценки конструктивно-технологической однородности гидравлических молотов, необходимость в которых возникает при технологической подготовке многономенклатурного производства. В комплексе работ технологов стандартами единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) предусмотрена конструктивно-технологическая классификация, включающая систематизацию изделий по основным признакам как конструктивного, так и технологического подобия. Классификация изделий является первым этапом по созданию унифицированных технологических процессов.

В отличие от других этапов ТПП, эти работы не имеют формализованного методического обеспечения, а базируются на опыте и интуиции специалистов. В статье сделана попытка количественной оценки свойства конструктивно-технологической однородности изделий. Предложенный авторами коэффициент конструктивно-технологической однородности изделий позволяет оценить целесообразность расширения номенклатуры продукции с учетом применения унифицированных технологических процессов. Показано, что известный коэффициент приведения изделий по трудоемкости является частным случаем предложенного в данной статье коэффициента, когда конструктивно-технологическая однородность изделий не учитывается.

Значения коэффициентов конструктивно-технологической однородности были рассчитаны для наиболее распространенных моделей отечественных гидравлических молотов на основе фактических данных действующего производства. Научная новизна представленных результатов состоит в том, что авторами предложена и обоснована количественная оценка свойства конструктивно-технологической однородности изделий, что способствует методическому обеспечению наиболее сложного этапа ТПП – классификации изделий по признакам конструктивного и технологического подобия.

Ключевые слова: многономенклатурное производство, унифицированные технологические процессы, конструктивно-технологическая однородность, трудоемкость, гидромолот.

Для цитирования: Карагодин В.И., Хапугин Р.А., Квасов П.Н., Чан Ван Доан. Оценка конструктивно-технологической однородности гидравлических молотов при их ремонте // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №3 (37).

Original article

Evaluation of the structural and technological uniformity of hydraulic hammers during their repair

Viktor I. Karagodin¹, Roman A. Khapugin², Pavel N. Kvasov³, Tran Van Doan⁴

^{1,2,3,4}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia

¹bik250248@yandex.ru

²roman354245@yandex.ru

³kpn120769@gmail.com

⁴tranvandoan262@gmail.com

Abstract. The article discusses methods for assessing the structural and technological uniformity of hydraulic hammers, the need for which arises during the technological preparation of multi-nomenclature production. In the complex of technologists' works, the standards of the unified system of technological preparation of production (ESTPP) provide for a constructive and technological classification, including the systematization of products according to the main features of both constructive and technological similarity. Product classification is the first step in creating unified technological processes.

Unlike other stages of the TPP, these works do not have a formalized methodological support, but are based on the experience and intuition of specialists. The article attempts to quantify the properties of the structural and technological uniformity of products. The coefficient of structural and technological uniformity of products proposed by the authors makes it possible to assess the feasibility of expanding the product range, taking into account the use of unified technological processes. It is shown that the known coefficient of reduction of products in terms of labor intensity is a special case of the coefficient proposed in this article, when the structural and technological uniformity of products is not taken into account.

The values of the coefficients of structural and technological uniformity were calculated for the most common models of domestic hydraulic hammers based on the actual data of the current production. The scientific novelty of the presented results consists in the fact that the authors proposed and justified a quantitative assessment of the properties of the structural and technological uniformity of products, which contributes to the methodological support of the

most difficult stage of the TPP - the classification of products according to the signs of constructive and technological similarity.

Keywords: multi-nomenclature production, unified technological processes, structural and technological uniformity, labor intensity, hydraulic hammer.

For citation: Karagodin V.I., Khapugin R.A., Kvasov P.N., Tran Van Doan. Evaluation of the structural and technological uniformity of hydraulic hammers during their repair. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №3 (37).

Введение

Гидравлический молот (гидромолот) – сменное навесное оборудование, монтируемое на гидравлических экскаваторах, погрузчиках, манипуляторах, либо снабженное гидрофицированной установкой для самостоятельного использования при работах по разрушению прочных материалов (горных пород, мерзлого грунта, асфальтобетона). Энергия удара рабочего органа (бойка) гидромолота достигает 25000 Дж. Работа в динамических условиях создает большие нагрузки на все элементы гидромолотов, что приводит к необходимости их ремонтов через каждые 500 ч работы [1].

Отечественные и зарубежные гидромолоты имеют широкий диапазон по массе, усилию удара и другим параметрам, в силу чего выпускаются небольшими сериями. Программы их ремонта также невелики и соответствуют условиям единичного, в лучшем случае мелкосерийного производства. В этих условиях повышение эффективности производства неразрывно связано с применением унифицированных (типовых, групповых и модульных) технологических процессов, которые разрабатываются с целью экономически целесообразного применения методов и средств крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производств [2].

В основу разработки унифицированных технологических процессов положена конструктивно-технологическая классификация, предусматривающая систематизацию изделий по основным признакам как

конструктивного, так и технологического подобию [3]. При решении вопросов технологической подготовки производства трудоемкой работе по классификации изделий часто предшествует оперативная оценка целесообразности включения в производственную программу действующего предприятия нового изделия, имеющего как сходство, так и различия в оцениваемых признаках. Для этого может быть использован предлагаемый авторами показатель (коэффициент) конструктивно-технологической однородности.

Физический смысл и принцип определения коэффициента конструктивно-технологической однородности изделий

При проектировании предприятий с многономенклатурным производством для расчета технико-экономических показателей используют приведенную программу [4]:

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{э}} + \sum_{j=1}^n k_j N_j,$$

где $N_{\text{э}}$ – программа производства (ремонта) изделия-эталона, в качестве которого, как правило, принимается изделие, преобладающее в программе предприятия;

k_j – коэффициент приведения по трудоемкости j -го изделия к изделию-эталону;

N_j – программа производства (ремонта) j -го изделия.

Коэффициент приведения по трудоемкости рассчитывают как отношение трудоемкости производства (ремонта) j -го изделия к трудоемкости производства (ремонта) изделия-эталона. При этом конструктивно-технологическая однородность изделий не учитывается. К чему это приводит и каков выход из сложившейся ситуации показано в работе [5]. Предположим, что годовая производственная программа предприятия по ремонту некоторых изделий составляет N_n (рис. 1), а трудоемкость ремонта одного изделия – T_n .

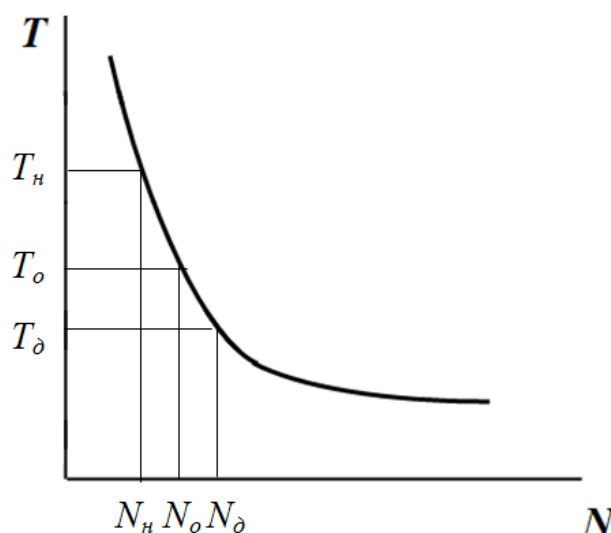


Рис. 1. Зависимость трудоемкости ремонта изделий от годовой производственной программы

Если увеличить программу вдвое, то она составит N_δ , а трудоемкость снизится до T_δ . Но такой эффект будет достигнут, если изделия, добавляемые к производственной программе, абсолютно идентичны уже освоенным изделиям. Если же они имеют конструктивные и технологические отличия, то эффект от увеличения программы все равно будет, но составит меньшую величину, так как он проявится не на всех технологических операциях. В этом случае трудоемкость ремонта одного изделия снизится до некоторой величины T_o . Значению T_o можно поставить в соответствие некоторую условную программу N_o , которая определяется по формуле:

$$N_o = N_s + \sum_{j=1}^n k_{sj} k_j N_j,$$

где k_{sj} – коэффициент конструктивно-технологической однородности j -го изделия с уже освоенным s -м изделием-эталонем.

Таким образом, *конструктивно-технологическая однородность* – это свойство изделия, предусматривающее способность проходить технологические операции совместно с другими изделиями на одном и том же оборудовании, на одних и тех же рабочих местах. Оценка конструктивно-технологической однородности нужна для обоснования целесообразности и

определения эффективности включения в программу дополнительных изделий с целью повышения концентрации производства и внедрения унифицированной технологии.

Пусть на предприятии производится ремонт однотипных, но разномарочных изделий. Общее количество технологических операций – M . Трудоемкость i -й операции, выполняемой при ремонте s -го изделия-эталона, которое является, как правило, основным в программе предприятия, – T_{is} чел.-ч, а трудоемкость i -й операции, выполняемой при ремонте j -го изделия, совмещаемого в производственной программе с изделием-эталонном, – T_{ij} чел.-ч.

Введем целочисленные переменные:

$$\delta_{is} = \begin{cases} 1, & \text{если при ремонте } s\text{-го изделия - эталона } i\text{-я операция выполняется;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если при ремонте } j\text{-го изделия } i\text{-я операция выполняется;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Назовем коэффициентом конструктивно-технологической однородности изделия-эталона s и изделия j в производственной программе предприятия следующую величину:

$$k_{sj} = \sum_{i=1}^M \frac{\delta_{is} \delta_{ij} T_{ij}}{\delta_{is} \delta_{ij} T_{ij} + (1 - \delta_{is}) \delta_{ij} T_{ij}}.$$

Коэффициент конструктивно-технологической однородности показывает, какую долю трудоемкости ремонта изделия составляют технологические операции, которые могут быть встроены в действующий технологический процесс без какого-либо его изменения. Этот коэффициент также можно трактовать как количество изделий, принятых за эталон, на которое нужно увеличить производственную программу, чтобы получить такой же эффект от концентрации производства, который дает добавление к программе одного сравниваемого изделия. Иными словами, это доля

эффективности, которую приносит одно изделие, добавляемое к производственной программе, от эффективности увеличения программы на одно изделие-эталон.

Экспериментальные исследования конструктивно-технологической однородности гидромолотов

По результатам предварительного анализа конструктивного устройства гидромолотов они были разделены на 3 группы: поршневые, поршневые без шпилек и мембранные. В таблице 1 приведены средневзвешенные показатели трудоемкости работ по группам молотов.

Таблица 1

Средние показатели трудоемкости работ по группам молотов

Группы молотов	Трудоемкость разборки, чел.-ч	Трудоемкость сборки, чел.-ч	Трудоемкость испытаний, чел.-ч	Годовая программа, шт.
Поршневые	5,92	7,37	1	242
Поршневые без шпилек	3,71	4,26	1	76
Мембранные	6,97	8,88	1	39

Из данных таблицы 1 видно, что программы ремонта молотов невелики. Ситуация усугубляется тем, что группа поршневых молотов представлена 40 моделями, 18 из которых ремонтировались в единичном экземпляре, 15 моделей – в объеме от 2 до 10 штук, 6 моделей – от 10 до 25 штук и одна модель F-5 – 54 штуки. Поршневых молотов без шпилек было 5 моделей, в том числе 2 модели – по 2 штуки, одна – 4, одна – 6 и модель Impulse 120 – 62 штуки. Из 25 моделей мембранных молотов 17 моделей представлены в единичном экземпляре, 6 моделей – по 2 штуки, одна модель – 3 штуки и одна – 7 штук.

На практике также принято деление молотов поршневых без шпилек на малые и средние, а двух других конструктивных групп – на малые, средние и большие. Таким образом, если рассматривать конструктивно-размерные группы молотов, то их будет восемь. Для дальнейшего рассмотрения в каждой конструктивно-размерной группе был выбран молот-представитель. Коэффициенты конструктивно-технологической однородности молотов-представителей определялись по отношению к эталонному молоту, в качестве которого был принят малый поршневой молот F-5. Результаты расчетов коэффициентов конструктивно-технологической однородности сведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты конструктивно-технологической однородности гидромолотов с молотом F-5

Конструктивно-размерные группы	Модель гидромолота	Коэффициент однородности
Малые поршневые	F-5	1,00
Средние поршневые	F-15	0,76
Большие поршневые	F-35	0,64
Малые мембранные	INDECO HP-200	0,40
Средние мембранные	Rammer E-66	0,28
Большие мембранные	HM 450	0,28
Малые поршневые без шпилек	Impulse 120	0,69
Средние поршневые без шпилек	Impulse 300	0,54

Согласно физическому смыслу коэффициент конструктивно-технологической однородности находится в пределах от 0 (полное отсутствие однородности) до 1 (полная однородность).

Заключение

1. Предложенные коэффициенты конструктивно-технологической однородности позволяют оценить целесообразность включения в производственную программу предприятия новых изделий в дополнение к уже освоенным для применения унифицированных технологических процессов и повышения эффективности производства.

2. Известный коэффициент приведения изделий по трудоемкости является частным случаем предложенного коэффициента конструктивно-технологической однородности, когда приводимые изделия полностью однородны с освоенными в производстве изделиями.

3. При многономенклатурном производстве предложенные коэффициенты конструктивно-технологической однородности позволяют рассчитать условную программу предприятия, по которой наиболее точно могут быть определены трудоемкость работ и другие технико-экономические показатели предприятия, а также произведено сравнение предприятий одного профиля по эффективности производства.

Список источников

1. Рекомендации по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин. МДС 12-8.2007 / ЦНИИОМТП. – М.: ФГУП ЦПП, 2007 – 70 с.
2. ГОСТ 14.002-73. Единая система технологической подготовки производства. Основные требования к технологической подготовке производства. – М., 1984. – 14 С.
3. Карагодин, В.И. Технологические процессы технического обслуживания и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (строительные и дорожные машины): Учебник для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / В.И. Карагодин. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2022. – 330 с. – (Бакалавриат). – ISBN 978-5-406-09754-0.
4. Ремонт дорожных машин, автомобилей и тракторов: Учебник / Б.С. Васильев, Б.П. Долгополов, Г.Н. Доценко и др.; Под ред. В.А. Зорина. – М.: Мастерство, 2001. – 512 с.
5. Карагодин, В.И. Учет технологической совместимости объектов ремонта при обосновании специализации проектируемых авторемонтных предприятий / В.И.

Карагодин, С.К. Шестопапов // Технологическое проектирование в авторемонтном производстве: Труды МАДИ. – М.: МАДИ, 1983. – С. 56-68.

6. Методические указания по оценке степени и уровня автоматизации производства, предусматриваемой в проектах на строительство новых, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий / Госстрой СССР. – М., 1985. – 34 с.

7. Кузнецов, Е.С. Производственная база автомобильного транспорта: Состояние и перспективы / Е.С. Кузнецов, И.П. Курников. – М.: Транспорт, 1988. – 231 с.

8. Карагодин, В.И. Формирование технологических маршрутов сборки гидромолотов при их ремонте / В.И. Карагодин, Р.А. Хапугин, Д.А. Григорьев, Н.С. Грешнев, Чан Ван Доан // Фундаментальные основы физики, химии и механики наукоемких технологических систем формообразования и сборки изделий: сборник трудов научного симпозиума технологов-машиностроителей; под ред. В.А. Лебедева. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021. – С. 93-99.

9. Семенов, А.Н. Технологичность конструкции изделий машиностроения / А.Н. Семенов. – Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2016. – 217 с.

10. Совершенствование системы ремонта гидравлических молотов / В.И. Карагодин, Р.А. Хапугин, Д.А. Григорьев, В.Д. Чан // Механизация и автоматизация строительства: сборник статей. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2022. – С. 40-45.

11. Formation of reconditioning complexes during on-condition centralized repair of automobile units / V.N. Krasovsky, V.V. Poptsov, V.A. Korchagin, N.I Krasovskaja // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12. № 13. P. 4111–4121.

References

1. MDS 12-8.2007 Rekomendatsii po organizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta stroitel'nykh mashin. (MDS 12-8.2007 Recommendations for the organization of maintenance and repair of construction machinery), TSNIOMTP, Moscow, FGUP TSPP, 2007, 70 p.

2. Yedinaya sistema tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva. Osnovnyye trebovaniya k tekhnologicheskoy podgotovke proizvodstva, GOST 14.002-73. (Unified system of technological preparation of production. Basic requirements for technological preparation of production, State Standart 14.002-73), Moscow, 1984, 14 p.

3. Karagodin V.I. Tekhnologicheskiye protsessy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta transportnykh i transportno-tekhnologicheskikh mashin i oborudovaniya (stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny) (Technological processes of maintenance and repair of transport and transport-technological machines and equipment (construction and road machines)), Moscow, KNORUS, 2022, 330 p.

4. Vasiliev B.S., Dolgoplov B.P., Dotsenko G.N., etc.; Edited by Zorin V.A. *Remont dorozhnykh mashin, avtomobiley i traktorov* (Repair of road vehicles, cars and tractors), Moscow, Masterstvo, 2001, 512 p.

5. Karagodin V.I., Shestopalov S.K. *Tekhnologicheskoye proyektirovaniye v avtoremontnom proizvodstve: Trudy MADI*, Moscow, MADI, 1983, pp. 56-68.

6. Metodicheskiye ukazaniya po otsenke stepeni i urovnya avtomatizatsii proizvodstva, predusmatrivayemoy v proyektakh na stroitel'stvo novykh, rekonstruktsiyu i tekhnicheskoye perevooruzheniye deystvuyushchikh predpriyatiy (Methodological guidelines for assessing the degree and level of automation of production envisaged in projects for the construction of new, reconstruction and technical re-equipment of existing enterprises), Gosstroy of the USSR, Moscow, 1985, 34 p.
7. Kuznetsov E.S., Kournikov I.P. *Proizvodstvennaya baza avtomobil'nogo transporta: Sostoyaniye i perspektivy* (The production base of motor transport: State and prospects), Moscow, Transport, 1988, 231 p.
8. Karagodin V.I., Khapugin R.A., Grigoriev D.A., Greshnev N.S., Chan Van Doan. *Fundamental'nyye osnovy fiziki, khimii i mekhaniki naukoyemkikh tekhnologicheskikh sistem formoobrazovaniya i sborki izdeliy: sbornik trudov nauchnogo simpoziuma tekhnologov-mashinostroyeniya*, Rostov-na-Donu, DGTU, 2021, pp. 93-99.
9. Semenov A.N. *Tekhnologichnost' konstruksii izdeliy mashinostroyeniya* (Manufacturability of the design of machine-building products), Rybinsk, RGATU imeni P.A. Solov'yeva, 2016, 217 p.
10. Karagodin V.I., Khapugin R.A., Grigoriev D.A., Chan Van Doan. *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya stroitel'stva: sbornik statey*, Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet, 2022, pp. 40-45.
11. Krasovsky V.N., Poptsov V.V., Korchagin V.A, Krasovskaja N.I Formation of reconditioning complexes during on-condition centralized repair of automobile units, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2017, Vol. 12, no. 13, pp. 4111–4121.

Рецензент: Н.И. Баурова, д-р техн. наук, проф., МАДИ

Информация об авторах

Карагодин Виктор Иванович, д-р техн. наук, проф., МАДИ.

Хапугин Роман Алексеевич, аспирант, МАДИ.

Павел Николаевич Квасов, магистрант, МАДИ.

Чан Ван Доан, магистрант, МАДИ.

Information about the authors

Karagodin Viktor I., Dr. Sc., professor, MADI.

Khapugin Roman A., postgraduate, MADI.

Kvasov Pavel N., undergraduate, MADI.

Tran Van Doan, undergraduate, MADI.

Статья поступила в редакцию 10.07.2023; одобрена после рецензирования 08.09.2023; принята к публикации 13.09.2023.

The article was submitted 10.07.2023; approved after reviewing 08.09.2023; accepted for publication 13.09.2023.