

5. Kholodov A.M. *Proyektirovaniye mashin dlya zemlyanykh rabot* [Designing machines for earthworks]. Kharkov, Vysshaya Shkola, 1986. 272 p.

6. Kholodov A.M., Nitschke V.V., Nazarov L.V. *Zemleroyno-transportnyye mashiny* [Earth-moving machines]. Kharkov, Vysshaya Shkola, 1982. 192 p.

7. Shmakov A.T. *Ekspluatatsiya dorozhnykh mashin* [Operation of road machines]. Moscow, Transport, 1987. 398 p.

Денисов Владимир Петрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО СибаДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: vpdenisov@mail333.com).

Матяш Иван Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «МРСУ» (644036 Россия, г. Омск, ул. 1-я Казахстанская, 9, e-mail: mrsu_omsk@mail.ru).

Зубарев Константин Викторович (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВПО СибаДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: kv.zubarev@gmail.com).

Denisov Vladimir Petrovich (Russia, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy "SibADI" (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5, e-mail: vpdenisov@mail333.com).

Matyash Ivan Ivanovich (Russia, Omsk) – candidate of technical sciences, General Director of JSC "MRSU" (644036 Russia, Omsk, 1st Kazakhstanskaya st., 9, e-mail: mrsu_omsk@mail.ru).

Zubarev Konstantin Viktorovich (Russia, Omsk) – postgraduate student of the Siberian State Automobile and Highway Academy "SibADI" (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5, e-mail: kv.zubarev@gmail.com).

УДК 621.43

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА МОНТАЖА ГОЛОВОК ЦИЛИНДРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

С. А. Корнилович, В. Л. Соловьев

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина (ОмГАУ), Россия, г. Омск.

Аннотация. В работе анализируется влияние неравномерной затяжки групповых резьбовых соединений при монтаже головок цилиндров на надежность ДВС. Поясняются последствия неравномерной затяжки групповых резьбовых соединений головок цилиндров. Выполнен анализ методов контроля силы затяжки резьбовых соединений. Представлены экспериментальные данные исследования равномерности затяжки группового резьбового соединения головки цилиндров ДВС. Указан способ обеспечения равномерности затяжки болтов головок цилиндров для повышения надежности ДВС.

Ключевые слова: головка цилиндров, сборка, момент затяжки, сила затяжки, резьбовое соединение.

Введение

Одним из наиболее важных и ответственных соединений в силовых агрегатах, таких, как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), является соединение «головка блока цилиндров (ГБЦ) – блок двигателя». В истории двигателестроения к данному соединению всегда предъявлялись повышенные требования по обеспечению плотности стыка. Сложность данного соединения заключается в необходимости применения большого числа крепежных деталей, использования качественных жаростойких уплотнительных элементов, а также в систематическом совместном воздействии тепловых и механических нагрузок и т.д. От качества монтажа ГБЦ двигателя, которое, главным образом, определяется точностью и равномерностью затяжки силовых шпилек (болтов),

образующих групповое резьбовое соединение (ГРС), зависит его надежность при эксплуатации. Неточная (неравномерная) затяжка болтов ГБЦ приводит к многочисленным неисправностям при эксплуатации, в некоторых случаях вплоть до полной потери работоспособности машины [1]. Наиболее наблюдаемым результатом неточной затяжки болтов ГБЦ является локальная потеря плотности стыка и, как следствие, прогорание прокладки ГБЦ. Очевидно, что решение данной проблемы заключается в обеспечении точной и равномерной затяжки ГРС для создания достаточных и равномерных контактных давлений на прокладку со стороны ГБЦ.

Наряду с этим нужно понимать, что обеспечение равномерной затяжки ГРС при монтаже ГБЦ необходимо не только для создания гарантированной плотности стыка,

предотвращающей прогорание прокладки, но еще и для исключения так называемых вторичных дефектов. К вторичным дефектам, которые являются результатом некачественного монтажа ГБЦ, т.е. неравномерной затяжки ГРС, относятся искажение макрогеометрии рабочих поверхностей (зеркал) гильз двигателя непосредственно в процессе сборки ГРС, а также искажение макрогеометрии привалочных поверхностей ГБЦ и блока двигателя в процессе эксплуатации [1].

Анализ вторичных дефектов, вызываемых неравномерной затяжкой болтов ГБЦ

Гильзы двигателя до их установки и монтажа ГБЦ имеют высокие параметры точности (цилиндричность, овальность) зеркал, соответствующие требованиям нормативно-технической документации. Такие ответственные детали имеют «жесткие» допуски на геометрические отклонения. К примеру, допускаемые отклонения от цилиндричности зеркала гильзы двигателей: ЯМЗ-238 – 0.025 мм, OM904LA (Mercedes-Benz) – 0.012 мм, D0824LFL (MAN) – 0.008 мм, ЗИЛ-131 – 0.03 мм, D4DC (Hyundai) – 0.03 мм. Однако, как показывает изучение деформаций гильз ДВС различных модификаций [2], после монтажа ГБЦ гильзы часто неравномерно деформируются и номинальная геометрическая точность зеркал уменьшается в несколько, а иногда в десятки раз.

Гильзы двигателя устанавливаются в блок с натягом по нижнему посадочному поясу, а верхние опорные бурты зажимаются корпусом ГБЦ в результате ее монтажа. Экспериментальные исследования Вагабова Н. М. [3] по оценке влияния неравномерной затяжки болтов ГБЦ дизелей типа 4С8.5/11 на макрогеометрию зеркал гильз, показали, что неравномерные контактные давления, действующие по периметру опорных буртов гильз со стороны ГБЦ и являющиеся следствием неравномерных осевых сил затяжки в ГРС, искажают геометрическую точность зеркал гильз. По данным автора [3] максимальная величина овальности цилиндров после затяжки болтов ГБЦ с помощью моментного ключа достигала 0.035 мм при допускаемой величине 0.01 мм.

Утенков В.Д. в своей работе [4] также отмечает, что неравномерная затяжка болтов ГБЦ искажает геометрическую точность зеркал цилиндров, овальность которых увеличивается на 25-75 %, конусность на 35-

40%. Из анализа работ Кесарийского А.Г., Липки В.М., Рапацкого Ю.Л. [5,6] следует, что неравномерная затяжка болтов ГБЦ вносит существенные искажения в первоначально заданную форму прецизионных поверхностей зеркал гильз, что приводит к росту кинематических потерь в цилиндропоршневой группе (ЦПГ). Петров А.А. в своих исследованиях [7] установил, что после монтажа ГБЦ двигателей Камаз – 740 овальность гильз увеличивается в 2-3 раза. Максимальная деформация возникала, как правило, в верхней зоне гильз, а большая ось овала находилась в плоскости качания шатуна.

В результате искажения геометрии зеркала гильзы стабильность зазора в соединении «поршень – гильза», а, следовательно, равномерное прилегание маслосъемных и компрессионных колец не обеспечивается, что приводит к интенсивному и неравномерному износу последних, повышенному расходу масла «на угар», потере мощности и ресурса двигателя. Основной причиной [2] повышенного расхода масла «на угар», картерных газов, местных износов, шума при работе ДВС является овальность зеркал гильз свыше допустимых значений.

Стендовые испытания [8] дизеля 12С Н18/20 показали, что уменьшение овальности гильз с 0.3 до 0.1 мм приводит к повышению их ресурса и снижению расхода масла «на угар» примерно в 2 раза. По данным работы [9] уменьшение овальности гильзы двигателей ЯМЗ-236, КамаЗ, ЗИЛ с 0.1 до 0.02 мм позволило снизить расход масла «на угар» на 25...30%, а количество картерных газов уменьшилось более чем в 4 раза.

Кроме того, искажение макрогеометрии гильз в результате неравномерной затяжки болтов ГБЦ сводит к нулю все результаты работ технологов по созданию оптимальной микрогеометрии зеркал на этапе механической обработки, цель которых – увеличение моторесурса двигателя (платовершинное хонингование, хонинговое крацевание, вибрационное выглаживание и т.д.) [10].

Как известно в машиностроении, неравномерная затяжка ГРС вызывает деформацию стянутых деталей [1]. При неравномерной затяжке болтов в корпусе ГБЦ создаются внутренние монтажные напряжения, которые совместно с вибрационными и тепловыми нагрузками вызывают остаточные деформации

(коробление) ГБЦ в процессе эксплуатации. Это в свою очередь может привести к потере плотности стыка. Привалочные поверхности деталей соединения «ГБЦ – блок двигателя» также имеют «жесткие» допуски на отклонения, которые не должны превышать, как правило, 0.05 мм на 100мм длины ГБЦ. При незначительных деформациях привалочную поверхность ГБЦ восстанавливают механической обработкой. Максимальный допуск на механическую обработку ограничен минимальным допуском на глубину камеры сгорания. На сегодняшний день вопрос о деформационных процессах ГБЦ двигателей еще не достаточно изучен. Однако важность данной проблемы требует дальнейшего изучения вопроса.

На основе вышеизложенного можно сказать, что для повышения надежности отремонтированных ДВС и машин в целом, затяжку ГРС при монтаже ГБЦ необходимо производить с максимальной точностью и равномерностью.

В процессе монтажа ГБЦ двигателя при условии выполнения сборщиком технических требований на сборку и использовании точного инструмента, прошедшего в установленном порядке метрологический контроль, неравномерность затяжки ГРС будет определяться точностью применяемых методов контроля осевой силы затяжки (СЗ).

Анализ методов контроля силы затяжки

На сегодняшний день в машиностроении наиболее известны следующие методы контроля СЗ резьбовых соединений: по моменту на ключе, по углу поворота крепежной детали, по деформации крепежной детали, комбинированный метод.

Метод контроля СЗ по моменту на ключе наиболее применяем в сборочных операциях из-за простоты выполнения. Однако точность обеспечения требуемой (расчетной) величины СЗ при данном контроле (по разным оценкам $\pm 25...38\%$) не позволяет обеспечить надежного соединения [1]. Низкая точность данного контроля обусловлена влиянием коэффициентов трения резьбовых поверхностей на зависимость момента на ключе от СЗ. А значения коэффициентов трения зависят от состояния резьбового соединения. Если при производстве ДВС это состояние нормировано, то в процессе их эксплуатации, т.е. при ремонте, оно носит случайный характер и зависит от многих факторов: степени износа заводских покрытий, шероховатости резьбовых

поверхностей, наличия коррозии, абразивных частиц, вида смазочного материала и т.д.

Метод контроля СЗ по углу поворота болта (гайки) исключает влияние коэффициентов трения, однако, он мало применяется в практике сборки резьбовых соединений из-за трудностей в определении нулевого угла (угла отсчета), при котором происходит обжатие стыка, выборка зазоров в соединении и зависимость угла поворота от СЗ приобретает линейный характер. К тому же не представляется возможным определить угол, на который потребуется повернуть болты в результате перенапряжения сил затяжки в процессе последовательной сборки ГРС ручным инструментом. Сборку осуществляют с помощью транспортирных ключей, шаблонов или угломеров. Точность обеспечения требуемой СЗ при таком контроле не выше $\pm 20-23\%$. Данный метод контроля непригоден при сборке «жестких соединений» с короткими болтами или шпильками (когда длина болта $l_b \leq 6d$, d – номинальный диаметр болта, мм), так как величина расчетного угла затяжки при этом мала и соизмерима с погрешностью метода [4].

Метод контроля СЗ по величине деформации болта считается одним из наиболее точных ($\pm 5\%$) [4]. Его широко применяют при сборке особо ответственных соединений – шатунных болтов. Метод основан на измерении величины удлинения стержня болта (шпильки) в результате действия СЗ. Данный метод применим, когда резьбовая деталь имеет значительную длину, так как величина удлинения в этом случае более ощутима и может быть точнее измерена. Метод неприемлем для коротких и жестких болтов (когда длина болта $l_b \leq 6d$), так как величина деформации болта мала (20...60 мкм) и соизмерима с погрешностью измерения [11]. Величину удлинения болта измеряют индикаторной скобой, применение которой предполагает двусторонний доступ к торцам болта (шпильки), что также накладывает ограничение на применение данного метода контроля.

Комбинированный метод основан на синтезе методов контроля СЗ по моменту на ключе и углу поворота крепежной детали (болта или гайки). Первоначально затяжка ГРС производится до определенной величины момента, при котором происходит обжатие стыка, выборка зазоров и должен быть обеспечен угол отсчета. Затем резьбовые соединения «доворачиваются» на величину

расчетного угла. Данный метод впервые был опубликован в работе Щуренко М.А. в 1946 г. [12] и сегодня широко применяется в отечественной и зарубежной практике. Однако недостатком данного метода является то, что точность обеспечения требуемой СЗ зависит от состояния резьбового соединения (коэффициентов трения резьбовых поверхностей), так как изначально СЗ контролируется по моменту. При сборке ремонтируемых ДВС на этапе контроля СЗ по моменту, неодинаковость коэффициентов трения в соединениях резьбовой группы означает создание различных по величине сил затяжки. Следовательно, неравномерность распределения сил затяжки может возникнуть уже на этапе обеспечения угла отсчета. По данным работы [13] точность данного контроля не выше $\pm 18\%$. А в работе [14] отмечается, что при сборке резьбовых соединений ремонтируемых ДВС с применением комбинированного метода контроля СЗ рекомендуется занижать на 40 % величину расчетного угла, установленного техническими условиями на сборку, так как часто происходят случаи срыва резьбы и разрушения шпилек (болтов) по причине их перетяжки.

Как показал проведенный анализ, методы контроля СЗ, которые могут быть применены при ремонте ДВС, недостаточно эффективны с точки зрения точности сборки ГРС и их применение не гарантирует их равномерной затяжки, а, следовательно, надежности соединений.

Контроль силы затяжки с учетом фактического состояния резьбового соединения

Обеспечить достаточно высокую точность и равномерность затяжки ГРС головок цилиндров при ремонте ДВС возможно путем применения контроля СЗ через отношение моментов отвинчивания и завинчивания, позволяющего учесть фактические состояния резьбовых соединений [1]. При монтаже ГБЦ рекомендованный техническими условиями на сборку момент затяжки корректируется экспериментально-расчетным методом, в результате чего требуемая величина СЗ

может быть обеспечена с точностью $\pm 5\%$. Для расчета момента на ключе $M_{ЗАТ}$ (зависимость 1) необходимого для точной затяжки конкретного резьбового соединения предварительно с помощью индикаторного динамометрического ключа измеряются величины моментов отвинчивания $M_{ОТВ}$ и завинчивания $M_{ЗАВ}$ для данного соединения.

$$M_{ЗАТ} = \frac{0.25 \cdot (d - 1.0825 \cdot P)^2 \cdot K \cdot \sigma_T \cdot P}{\left(1 - \frac{M_{ОТВ}}{M_{ЗАВ}}\right)}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, зависящий от вида стали болта: легированная сталь (0.5...0.6), углеродистая сталь (0.6...0.7); d – наружный диаметр резьбы болта, м; σ_T – предел текучести материала болта, Н/м²; P – шаг резьбы, м.

Отношение моментов $M_{ОТВ} / M_{ЗАВ}$ косвенно характеризует фактическое состояние резьбового соединения (т.е. коэффициенты трения его резьбовых поверхностей) и является корректирующим параметром в данной зависимости.

Проведенные автором [1] экспериментальные исследования равномерности затяжки ГРС на примере крепления ГБЦ ЗИЛ 131 показали, что силы затяжки при одинаковом (рекомендованном) моменте на ключе 80 Нм могут значительно отличаться от номинального значения в большую или меньшую сторону (таблица 1). Автор поясняет, что для узлов, бывавших в эксплуатации, данное явление связано с изменением (неодинаковостью) состояний резьбовых соединений в ГРС. На рисунке 1 представлен график распределения полученных сил затяжки в ГРС ГБЦ при рекомендованном моменте затяжки 80 Нм. Для исследуемого в работе [1] соединения «ГБЦ – блок двигателя» вычисленные по зависимости (1) (скорректированные) значения необходимых моментов затяжки находились в интервале от 73 до 119 Нм, график распределения которых представлен на рисунке 2.

Таблица 1 – Силы затяжки в ГРС ГБЦ при рекомендованном моменте 80 Нм

Болт №	1	2	3	4	5	6	7	8	9
СЗ, кН	34.6	34.9	34.7	31.4	39.6	38.6	28.7	38.6	28.3
Болт №	10	11	12	13	14	15	16	17	
СЗ, кН	30.0	26.7	28.7	38.6	36.5	24.3	30.8	31.7	

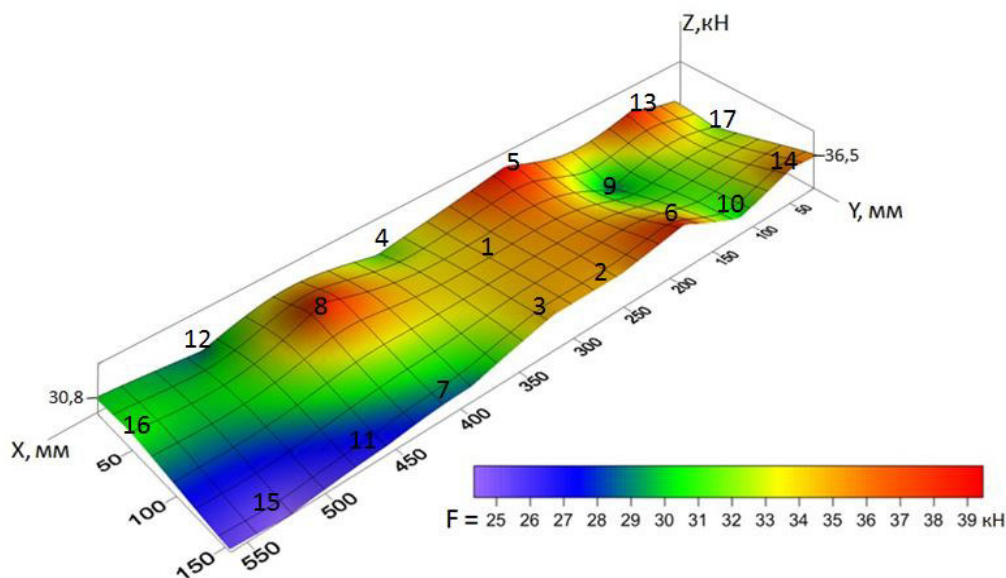


Рис. 1. График распределения сил затяжки в ГРС ГБЦ ЗИЛ 131 при моменте 80 Нм

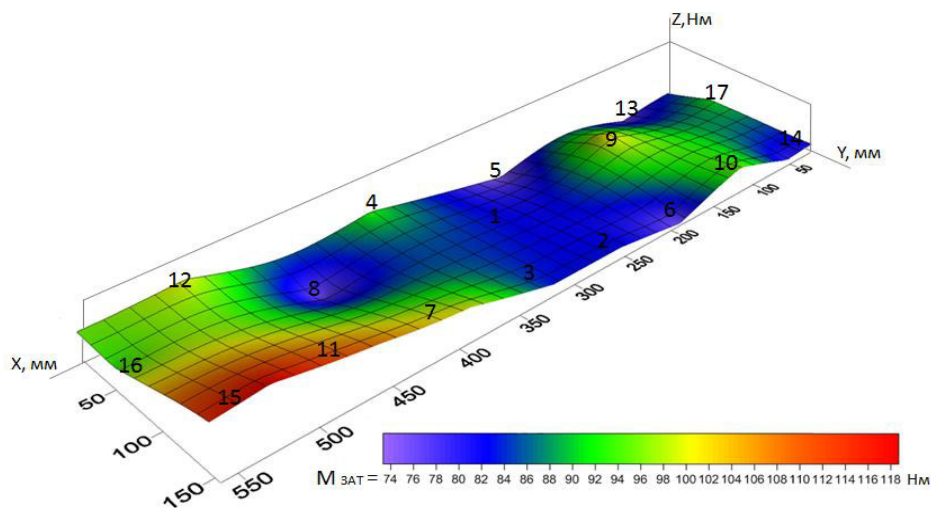


Рис. 2. График распределения необходимых моментов затяжки в ГРС ГБЦ ЗИЛ 131

Заключение

Многообразие научных работ, направленных на исследование негативного влияния некачественного монтажа ГБЦ на надежность ДВС, свидетельствует, с одной стороны о важности существующей проблемы и в то же время об отсутствии в настоящее время в ремонтном производстве способа ее решения. Как показал анализ многочисленных исследований, некачественный монтаж ГБЦ в значительной мере снижает надежность ДВС. Общеизвестные методы контроля СЗ не позволяют производить точную и равномерную затяжку ГРС в процессе ремонта ДВС в соответствии с современными требованиями сборки. Применение на практике контроля СЗ с учетом фактического состояния резьбовых

соединений позволит повысить точность и равномерность затяжки ГРС при монтаже ГБЦ, а, следовательно, надежность отремонтированного ДВС.

Библиографический список

1. Соловьев, В.Л. Пути повышения точности и равномерности затяжки групповых резьбовых соединений при сборке ремонтируемых узлов машин сельскохозяйственного назначения / В. Л. Соловьев // Вестник СиБАДИ. – 2014. – №5 (39). – С. 33-39.
2. Яхьяев, Н.Я. Комплексный метод анализа геометрической точности цилиндров в процессе сборки судовых малоразмерных дизелей / Н.Я. Яхьяев, Н.М. Вагабов // Вестник АГТУ. – 2009. – № 1. – С. 256-261.

3. Варабов, Н.М. Исследование точности сборки судового малоразмерного дизеля и разработка способов уменьшения отклонений макрогеометрии цилиндров: дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Н.М. Варабов. – Махачкала, 2010. – 152 с.

4. Утенков, В.Д. Влияние технологических факторов на точность и равномерность усилия затяжки ответственных резьбовых соединений в условиях автоматизированной сборки: дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / В.Д. Утенков. – Москва, 1984. – 182 с.

5. Кесарийский, А.Г. Исследование деформирования резьбового соединения головки и блока цилиндров поршневого двигателя / А.Г. Кесарийский // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – №1. – С. 51 – 53.

6. Липка, В.М. Влияние конструктивных и технологических факторов на надежность резьбовых соединений в машиностроительных изделиях / В.М. Липка, Ю.Л. Рапакский // Вестник СевНТУ. – 2010. – № 110. – С. 198-201.

7. Петров, А.А. Макрогеометрия гильз цилиндров двигателей КамАЗ при сборке / А.А. Петров // Перспективы развития автосервиса: материалы международной науч.-практич. конф. – Владимир: ВГУ, 2008. – С. 140-143.

8. Головатенко, А.Г. Повышение технико-экономических и ресурсных показателей автотракторных двигателей путем компенсации овальности цилиндров: дис... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.Г. Головатенко. – Новосибирск, 1994. – 146 с.

9. Бочкарев, Н.М. Технологическая наследственность в управлении качеством судовых машин и механизмов: монография / Н. М. Бочкарев, Н. Я. Яхьяев. – Дагестанский филиал АН СССР. Махачкала, 1990. – 200 с.

10. Степанов С.Н., Видинеева Н.Ю. Микрогеометрия зеркала цилиндра двигателя внутреннего сгорания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7_Pob5ENgT4J:www.mmfs.spbstu.ru/mese/2014/209.pdf+&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru

11. Биргер, И.А. Резьбовые и фланцевые соединения / И.А. Биргер, Г.Б. Иосилевич – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с.

12. Щуренко, М.А. Измерение нагрузок при затяжке резьбовых соединений: автореф. дис. к-та техн. наук / М.А. Щуренко. – Куйбышев, 1960. – 14 с.

13. Блаер, И.Л. Стабилизация качества затяжки резьбы / И.Л. Блаер // Вестник машиностроения. – 2004. – №9. – С. 20 – 22.

14. Хрулев, А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей: Производственно-практическое издание / А.Э. Хрулев. – М.: Изд-во «За рулем», 1999. – 440 с.

INFLUENCE OF THE QUALITY OF CYLINDER HEADS' MOUNTING ON RELIABILITY OF REPAIRED INTERNAL COMBUSTION ENGINES

S. A. Kornilovich, V. L. Soloviev

Abstract. The article analyzes the influence of uneven tightening of group threaded connections

during the mounting of cylinder heads on internal combustion engine's safety. There are specified the consequences of uneven tightening of group threaded connections of cylinder heads. There is implemented an analysis of methods for controlling treaded connection's tightening force. The article presents the experimental data of research of the tightening evenness of group threaded connections of the combustion engines' cylinder heads. There is mentioned a method of ensuring the uniformity of tightening group threaded connections of cylinder heads for improving combustion engines safety.

Keywords: cylinder head, assembly, tightening moment, tightening force, threaded connection.

References

1. Soloviev V.L. Puti povysheniya tochnosti i ravnomernosti zatyazhki gruppovykh rezbovykh soedineniy pri sborke remontiruemykh uzlov mashin selskohozyaystvennogo naznacheniya [Ways of increasing accuracy and uniformity of tightening group threaded connections at assembling the repairing units of agricultural machines]. *Vestnik SiBADI*, 2014, no 5(39), pp. 33-39.

2. Yakhyayev N.Y., Vagabov N.M. Kompleksniy metod analiza geometricheskoy tochnosti tsilindrov v protsesse sborki sudovykh malorazmernykh dizeley [A complex method of the analysis of geometrical accuracy of cylinders in the process of assembling marine small-sized diesels]. *Vestnik AGTU*, 2009, no 1, pp. 256-261.

3. Vagabov N.M. *Issledovanie tochnosti sborki sudovogo malorazmernogo dizelya i razrabotka sposobov umensheniya otkloneniy makrogeometrii tsilindrov*. Dis. doct. tehn. nauk [The research of accuracy of assembling marine small-sized diesel and development of methods to reduce the deviations of cylinders' macrogeometry]. Mahachkala, 2010. 152 p.

4. Utenkov V.D. *Vliyaniye tehnologicheskikh faktorov na tochnost i ravnomernost usiliya zatyazhki otvetstvennykh rezbovykh soedineniy v usloviyakh avtomatizirovannoy sborki*. Dis. doct. tehn. nauk [Influence of technological factors on the accuracy and uniformity of the tightening force of responsible threaded connections in the conditions of the automated assembly]. Moskva, 1984. 182 p.

5. Kesariyskiy A.G. *Issledovanie deformirovaniya rezbovogo soedineniya golovki i bloka tsilindrov porshnevoego dvigatelya* [The study of deformation of a head's threaded connection and a cylinder block of a piston engine]. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*, 2010, no1, pp. 51 – 53.

6. Lipka V.M., Rapatskiy Y.L. *Vliyaniye konstruktivnykh i tehnologicheskikh faktorov na nadezhnost rezbovykh soedineniy v mashinostroitelnykh izdeliyah* [The influence of structural and technological factors on the reliability of threaded connections in mechanical products]. *Vestnik SevNTU*, 2010, no 110, pp. 198-201.

7. Petrov A.A. *Makrogeometriya gilyz tsilindrov dvigateley KamAZ pri sborke* [Macrogeometry of cylinder liners of KAMAZ engines in the assembly]. *Perspektivy razvitiya avtoservisa: materialy*

mezhdunarodnoy nauchno prakticheskaya konferenciya, Vladimir, VGU, 2008. pp. 140-143.

8. Golovatenko A.G. Povyishenie tehniko-ekonomicheskikh i resursnykh pokazateley avtotraktornykh dvigateley putem kompensatsii ovalnosti tsilindrov. Dis. doct. tehn. nauk [Increasing technical, economical and resource indicators of automotive engines by compensating cylinders' out of round]. Novosibirsk, 1994. 146 p.

9. Bochkarev N.M., Yakhyaev N.Y. *Tehnologicheskaya nasledstvennost' v upravlenii kachestvom sudovykh mashin i mekhanizmov*. [Technological heredity in quality management of marine machinery]. Dagestanskiy filial ANSSSR. Mahachkala, 1990. 200 p.

10. Stepanov S.N., Vidineeva N.Y. Mikrogeometriya zerkala tsilindra dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Micro-geometry of the cylinder face of an internal combustion engine]. Available at: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7_Pob5ENgT4J:www.mmf.spbstu.ru/mese/2014/209.pdf&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru (accessed 04.02.2015)

11. Birger I.A., Iosilevich G.B. *Rezbovyie i flantsevyie soedineniya* [Threaded and flange connections]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1990. 368 p.

12. Schurenko M.A. Izmerenie nagruzok pri zatyazhke rezbovykh soedineniy. Avtoref. dis. k-ta tehn. nauk. [Measuring loads at tightening threaded connections. Avtoref. dis. k-ta tehn. nauk.] Kuybyshev, 1960. 14 p.

13. Blaer I.L. Stabilizatsiya kachestva zatyazhki rezby [Stabilization of mounting thread's quality]. *Vestnik mashinostroyeniya*, 2004. no 9. pp. 20 – 22.

14. Khrulev A.E. Remont dvigateley zarubezhnykh avtomobiley: Proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie. [Repair of foreign cars' engines: Production-practical edition]. Moscow, Izd-vo «Za rulem», 1999. 440 p.

Корнилович Станислав Антонович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис, механика и электротехника» Омского государственного аграрного университета (ОмГАУ). (644008, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1, e-mail: st.omsk@bk.ru).

Соловьев Владлен Леонидович (Россия, г. Омск) – соискатель ученой степени кандидата технических наук, кафедра «Технический сервис, механика и электротехника» Омского государственного аграрного университета (ОмГАУ). (644008, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1, e-mail: vladlen_solovlev@bk.ru).

Kornilovich Stanislav Antonovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical science, professor of department "Maintenance, mechanics and electrical technology", Omsk State Agrarian University (644008, Omsk, Institutskaya Square St. 1, e-mail: st.omsk@bk.ru)

Soloviev Vladlen Leonidovich (Russian Federation, Omsk) – applicant for the degree of the candidate of technical sciences of the department «Maintenance, mechanics and electrical technology», Omsk State Agrarian University, (644008, Omsk, Institutskaya Square St. 1, e-mail: vladlen_solovlev@bk.ru)

УДК 625.768.1

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УРОВНЯ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОПЕРАТОРА ДОРОЖНОЙ УБОРОЧНО-ПОДМЕТАЛЬНОЙ МАШИНЫ

П.А. Корчагин, И.А. Тетерина
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье отражены результаты экспериментальных испытаний виброзащитной системы дорожной уборочно-подметальной машины на базе трактора МТЗ-80. для разных режимов работы машины. Представлен анализ полученных в ходе эксперимента уровней виброускорения на корпусе двигателя внутреннего сгорания и рабочем месте человека-оператора дорожной уборочно-подметальной машины. Определен наиболее вибронегруженный режим работы.

Ключевые слова: вибрация, виброзащита, дорожные уборочно-подметальные машины.

Введение

Несмотря на достигнутые в последние десятилетия успехи в области создания современных методов, средств и способов, обеспечивающих снижение уровней вибрации до безопасных значений, проблема

обеспечения надежной виброзащиты операторов дорожных машин остается одной из наиболее острых и актуальных.

Одним из направлений повышения технологических характеристик дорожных машин, наряду с улучшением технико-