

УДК 621.9

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ  
КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ Д-240 И Д-260**

TECHNOLOGICAL EQUIPMENT AND TECHNOLOGY  
OF PNEUMODYNAMIC STRENGTHENING OF CRANKSHAFTS  
OF D-0240 AND D-260 ENGINES

**С. Э. Завистовский**, канд. техн. наук, доц.,

**А. С Кириенко**, канд. техн. наук, доц.,

**В. Э. Завистовский**, канд. техн. наук, доц.,

Полоцкий государственный университет, г.Новополоцк, Беларусь

S. E. Zavistovsky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A. S. Kiriienko, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

V. E. Zavistovsky, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus,

*Для достижения высокой работоспособности коленчатых валов используются наиболее передовые конструкторские решения и технологические процессы, гарантирующие высокое качество проектирования, изготовления, ремонта деталей и их опытной проверки. Особо необходимо отметить применение финишной обработки поверхностно-пластическим деформированием, а также разработку методик комплексной оценки свойств материалов, в том числе прочности и сопротивления усталости при циклических нагрузках.*

*To achieve high efficiency of the crankshafts, the most advanced design solutions and technological processes are used, which guarantee high quality of design, manufacture, repair of parts and their experimental verification. It is particularly necessary to note the use of surface-plastic deformation finishing, as well as the development of methods for the comprehensive assessment of the properties of materials, including strength and fatigue resistance under cyclic loads.*

*Ключевые слова: пневмодинамическое упрочнение, коленчатый вал, двигатель Д-240 и Д-260, усталостная прочность.*

*Keywords: pneumodynamic hardening, crankshaft, engine D-240 and D-260, fatigue strength.*

## ВВЕДЕНИЕ

С целью повышения усталостной прочности поверхностей коленчатых валов применяют технологические процессы, основанные на изменении физических свойств, химического состава, структуры и напряженного состояния поверхностных слоев материала деталей. Наибольшее распространение получили механические способы упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД) по следующим причинам:

- простота изготовления, дешевизна,
- применение практически для всех видов металлов,
- для деталей любой формы,
- создание глубины упрочненного слоя до 20 мм,
- границы наклепанной поверхности не являются зонами пониженной прочности,
- эффективность наклепа значительно меньше зависит от режима наклепа,
- при повышении усталостной прочности ударная вязкость снижается значительно меньше, чем при обработке другими способами.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ Д-240 И Д-260

Учитывая сложную конструкцию коленвалов и ограниченный эффект упрочнения галтелей обкаткой роликом на увеличение предела выносливости из-за удлинения натуральных коленвалов и их коробления наиболее применительным методом упрочнения представляется местное пневмодинамическое упрочнение галтелей дробью или шариками, что может увеличить их усталостную прочность до 40–50 % и тем самым продлить ресурс работы восстановленных деталей.

Разработанное устройство является технологической оснасткой, необходимой при выполнении местного упрочнения пневмодинамическим наклепом галтелей коренных и шатунных шеек коленчатых валов двигателя Д-240 и Д-260. Пневмодинамическое упрочнение с использованием специальной оснастки позволит:

- ликвидировать в поверхностном слое возможные после механической и термической обработки напряжения растяжения;
- создать упрочненный поверхностный слой со сжимающими остаточными напряжениями;
- создать на упрочненной поверхности микрорельеф, повышающий износостойкость;
- повысить долговечность изделия.

Проведение работ по пневмодинамическому упрочнению галтелей коленчатых валов дизельных двигателей Д-240 и Д-260 соответствует ГОСТ 12.3.036-84, ГОСТ 12.3.008-78, ГОСТ 12.2.008-75, с соблюдением требований ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.010-76, ГОСТ 12.1.019-79. Требования по охране окружающей среды должны соответствовать ГОСТ 17.0.0.01-76.

При выборе конструктивного исполнения специальной оснастки проводился анализ и патентный поиск устройств для пневмодинамического упрочнения с целью повышения усталостной прочности шеек коленчатых валов методами ППД.

Из рассмотренных вариантов устройств для механического упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД) наибольшее распространение получили устройства для накатки роликом или шариком.

Функциональный принцип обработки такими устройствами – единственная в своем роде комбинация трех физических эффектов:

- возникновение сжимающих напряжений в граничном слое;
- возникновение наклепа;
- выглаживание, т. е. ликвидация микронеровностей.

Важным является то, что при накатывании параметры процесса можно контролировать, а значит и воспроизвести. Соответственно, повышается надежность процесса в целом. При использовании устройства для финишной пневмодинамической обработки осуществляются разнонаправленное ударное воздействие стандартных стальных шаров на микрорельеф исходной поверхности.

Шары развивают скорость 15...30 м/с в турбулентном потоке сжатого воздуха, создаваемом сопловым аппаратом в кольцевой камере инструмента. Технология пневмодинамической обработки предназначена для упрочнения поверхностей пар трения и сопряга-

емых поверхностей. Преимущества устройств для финишной пневмодинамической обработки:

- простота, надежность, экологическая чистота;
- отсутствие повышенных требований по точности изготовления и установки инструмента;
- сохранение исходной геометрии обрабатываемой детали;
- обеспечение высокого качества рабочих поверхностей деталей.

Основные технические возможности устройства для финишной пневмодинамической обработки:

- повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей в 1,2...2,0 раза с уменьшением трудоемкости механообработки в 2 раза;
- формообразование поверхности с производительностью 85...2300 мм<sup>2</sup>/с (в 2...10 раз выше, чем при алмазном выглаживании);
- минимальные силы деформирования, снятие остаточных напряжений растяжения (искусственное старение);
- шероховатость поверхности Ra = 0,065–0,08 мкм (при подаче инструмента S = 250 мм/мин).

В соответствии с вышеперечисленными принципами разработана специальная оснастка для пневмодинамического упрочнения сложных конструкция типа «коленвал» (рисунок 1).

Выбранная конструкция технологической оснастки легко адаптируется к универсальному оборудованию, и имеет максимально высокую производительность при применении роторных машин. Нужно отметить, что выбор метода и конструкции устройства упрочнения поверхности деталей зависит от технологической схемы обработки.

Предел выносливости до образования усталостной трещины коленчатых валов Д-240 (Д-260) с упрочненными галтелями на 30–60 % и более, а их долговечность при одинаковом уровне испытательной нагрузки возрастает более чем в 5 раз. При этом кинетика зарождения и развития трещины в упрочненной галтели и щеке коленчатого вала имеет более пологий характер, т. е. при своем возникновении трещина развивается гораздо медленнее, что обеспечивает увеличение ресурса детали в 2,0 раза и снижение риска аварийного выхода двигателя из строя по причине внезапной поломки вала.

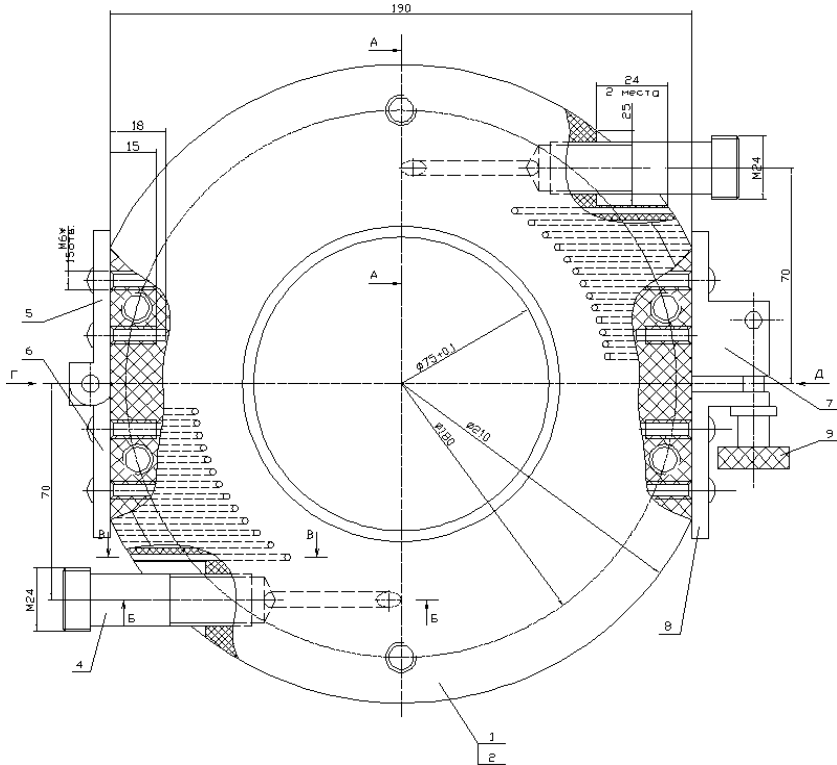


Рисунок 1 – Конструкция специальной пневмодинамической камеры для упрочнения шеек коленчатых валов

- 1 – крышка; 2 – крышка; 3 – сегмент; 4 – резьбовой клапан; 5 – элемент петли; 6 – элемент петли; 7 – хомут; 8 – упор; 9 – головка резьбовая; 10, 11 – ось

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что с повышением рабочего давления сжатого воздуха времени обработки при пневмодинамической обработке наблюдается устойчивое увеличение твердости поверхностей галтелей с 269 HV до 281 HV. При этом наблюдается постепенное выравнивание показателя твердости по длине исследуемой поверхности, что объясняется улучшением условий для образования равномерно наклепанного поверхностного слоя. Глубина наклепанного слоя составила от 0,55 мм до 0,75 мм.

Представлено 20.05.2021