

УДК 621

DOI: 10.12737/article_58ef809029cf67.52416472

А.Н. Михайлов, д.т.н.,
(Донецкий национальный технический университет,
ДНР, 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58)

А.В. Костенко, к.т.н.,
(Камчатский государственный технический университет,
Россия, 683003; Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35)
E-mail: mntk21@mail.ru; andr13kost@list.ru

Особенности обеспечения функционально-ориентированных технологий изготовления деталей судовых дизелей

Представлены функционально-ориентированные технологии при производстве деталей судовых дизелей для более эффективной эксплуатации судов и проведения плановых ремонтов. Приведены особенности организации ремонта судов, показаны отличия функционально-ориентированных технологий, позволяющие реализовывать заданные свойства деталей. Приведены и охарактеризованы элементы системы обеспечения.

Ключевые слова: дизель судовой; функционально-ориентированная технология; плановый ремонт; ресурс детали; система обеспечения.

A.N. Mikhailov, D. Eng.,
(Donetsk National Technical University, 58, Artyom Str., Donetsk, 283001, DPR)

A.V. Kostenko, Can. Eng.
(Kamchatsky State Technical University, 35, Klyuchevskaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003 Russia)

Peculiarities in assurance of functionally-directed technologies of manufacturing parts for marine engines

There are presented functionally-directed technologies at manufacturing parts for marine diesel engines for more efficient ship maintenance and scheduled repair carrying out. The peculiarities in ship repair organization are shown, there are shown differences in functionally-directed technologies allowing the realization of specified properties of parts. The elements of a support system are shown and characterized.

Keywords: marine diesel engine; functionally-directed technology; scheduled repair; part life; support system.

Судовая энергетическая установка – важнейший агрегат судов различного типа и назначения. При этом судовые дизели являются наиболее распространенным видом судовых энергетических установок. Техническая эксплуатация нацелена на эффективное использование судовых дизелей. Поддержание работоспособного состояния дизелей, среди прочего, подразумевает увеличение рабочего пе-

риода судна за счет сокращения простоев по техническим причинам и обеспечение надежности и долговечности всех элементов судовых дизельных установок.

Организация технического обслуживания и ремонтов по календарному графику имеет ряд недостатков, один из которых – увеличение расхода средств и материалов, так как нередко случаи разборки и сборки (в соответствии с

установленным плановым сроком текущего или среднего ремонта) механизмов, находящихся в работоспособном состоянии. Поэтому, с точки зрения минимизации затрат материальных средств, наиболее предпочтительна система обслуживания по фактическому техническому состоянию [1].

Кроме того, простой рыболовных судов, особенно в период интенсивного лова рыбы, ведут к очень большим убыткам, что еще более актуально для судов, ведущих еще и переработку гидробионтов. Еще одной особенностью проведения планового ремонта является постановка судна в док, где и производится необходимый ремонт судовых конструкций и технических средств.

В связи с этим возникает задача обеспечения работоспособности деталей судовых дизелей во время межремонтного периода. Решить эту задачу позволяют функционально-ориентированные технологии (ФОТ) машиностроения, позволяющие вывести качество изготавливаемых деталей на новый уровень.

Целью статьи является обоснование необходимости использования ФОТ при изготовлении деталей судовых дизелей и описание системы обеспечения, используемой при синтезе ФОТ.

В работах [2, 3] рассмотрены основные положения функционально-ориентированных технологий. В работе [4] показаны особенности применения функционально-ориентированных технологий в судовом машиностроении. В работе [5] рассмотрена проблема метрологического обеспечения машиностроительного производства.

Судовой дизель состоит из ряда механизмов и систем, решающих свои специфические задачи. Работоспособность и долговечность всего двигателя зависит от качества деталей. Детали, в свою очередь, обладают эксплуатационными свойствами, которые были заложены при их конструировании и изготовлении. При этом детали изготовлены из различных материалов и работают в различных условиях. Это приводит к тому, что детали обладают разным ресурсом.

С точки зрения эффективности работы судовых дизелей и эффективности технического обслуживания и ремонта необходимо стремиться к тому, чтобы ресурс детали был определенным образом привязан к ресурсу механизма – или был равным ресурсу механизма, или был кратным (рис. 1).

Как видно на рис. 1, такая базовая деталь, как блок-картер, должна (в идеале) обладать

ресурсом, равным всему сроку эксплуатации судна, поскольку является массивной и дорогостоящей. К тому же ремонт, а тем более замена в условиях нахождения судна в рейсе, как минимум затруднен, если вообще возможен. Мелкие детали, например, клапан, замена которого довольно простая операция, могут обладать ресурсом, который меньше межремонтного периода. Но в этом случае есть смысл кратного соответствия с целью полного использования потенциала детали (на рис. 1 ресурс клапана равен половине межремонтного периода). Детали, работающие совместно, например, поршень и втулка должны иметь одинаковый ресурс, в частности на рис. 1 показано, что поршень и втулка имеют ресурс, равный межремонтному периоду.

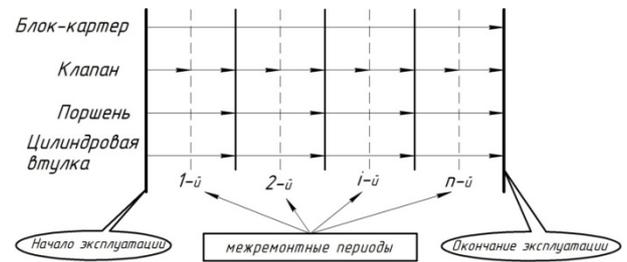


Рис. 1. Ресурсы некоторых деталей судовых дизелей

Таким образом, при изготовлении деталей необходимо создавать набор заданных эксплуатационных свойств деталей, в том числе закладывать заданный ресурс.

Функционально-ориентированные технологии позволяют поднять качество деталей судовых дизелей на новый уровень, поскольку исходят из следующих положений [2]:

- разработка технологических процессов ведется с разбивкой детали по уровням глубины технологии;
- между свойствами каждого функционального элемента детали, особенностями эксплуатации этого функционального элемента в машине и технологическими воздействиями средств обработки на функциональный элемент существуют определенные связи;
- реализация технологических воздействий на каждый функциональный элемент детали выполняется прецизионно, особо- или суперпрецизионно на местном уровне, что позволяет обеспечить заданный, требуемый или предельный эксплуатационный потенциал детали в целом.

ФОТ реализуют принцип единовременного полного или частичного разрушения отдельных деталей и на базе системного подхода по-

зволяют управлять и обеспечивать качественно новую совокупность эксплуатационных свойств деталей.

Процесс синтез ФОТ состоит из нескольких этапов, приведенных в работах [6, 7]. Помимо этого для реализации высоких показателей эксплуатационных характеристик деталей при создании ФОТ должна быть реализована соответствующая система обеспечения, что и будет рассмотрено далее.

При создании ФОТ необходимо использовать систему, которая включает в себя следующее: обеспечение по свойствам материала; структурное, конструкторское, технологическое, эксплуатационное, метрологическое обеспечения [9 – 11]. На рис. 2 приведена схема системы обеспечения ФОТ. В табл.1 приведены назначение и особенности видов обеспечений и их описание.



Рис. 2. Система обеспечения ФОТ

Таким образом, система представленных в табл. 1 элементов обеспечивает заданные, требуемые или предельные свойства детали, как это показано на рис. 3.

В дополнение к информации, представленной в таблице, следует заметить, что разработку свойств материала и конструктивных

решений деталей ведут в соответствии с делением деталей по уровням глубины технологии. Это позволит при создании структурного обеспечения сформировать единую систему множеств функциональных элементов детали различных уровней.



Рис. 3. Схема обеспечения эксплуатационных свойств деталей

Деление по уровням глубины технологии представлена на рис. 4. Последнее, в свою очередь, дает возможность более точной (адресной) реализации технологических воздействий для обеспечения эксплуатационных

свойств функциональных элементов и всей детали в целом.

Эксплуатационное обеспечение, в таком случае, фактически представляет собой эксплуатацию детали при ее работе непосредственно в судовом дизеле. При этом деталь

реализует заложенные в нее параметры.

Метрологическое обеспечение является важной частью обеспечения и позволяет реализовывать требуемое качество деталей за

счет систематического мониторинга и контроля входных и выходных параметров технологических процессов, выполняя большое число измерений.

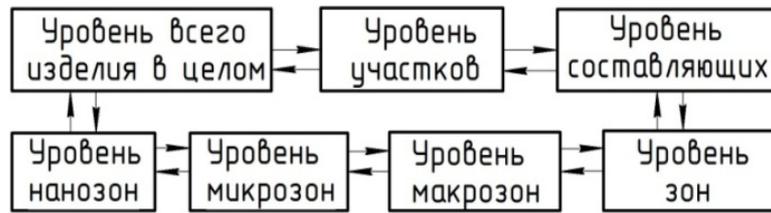


Рис. 4. Уровни глубины технологии или уровни деления изделия (детали)

Информационное обеспечение, по сути, представляет собой самую различную техническую, технологическую, конструкторскую и другие виды информации, которые используются на всех этапах проектирования функционально-ориентированного технологического процесса:

- 1) анализ служебного назначения изделия;
- 2) деление изделия на элементы по уровням глубины технологии;
- 3) предварительное определение методов и алгоритмов обеспечения свойств функциональных элементов;
- 4) формирование плана реализации различных видов обеспечения;
- 5) определение технологических параметров выпуска изделий;
- 6) формирование множества функционально-ориентированных операций;
- 7) формирование комплексного технологического процесса;
- 8) уточненная разработка видов обеспечения;
- 9) разработка, изготовление и реализация технологического оборудования; планировка оборудования и рабочих мест;
- 1) внесение в технологический процесс корректировок;
- 2) реализация ФОТ;
- 3) модификация и развитие разработанной ФОТ.

Между приведенными этапами должна быть не только последовательная связь, но и замкнутая рекуррентная связь, так как процесс синтеза функционально-ориентированного технологического процесса подразумевает возможность возвращения на предыдущий этап для корректировки параметров. Помимо этого процесс проектирования ФОТ является итерационным.

В последние годы достаточно часто используют такой комплексный показатель периода существования изделий (деталей), как «жизненный цикл изделия» [8 – 10], под которым понимается полный период его жизни, включающий этапы проектирования, производства, эксплуатации и утилизации (рис. 5).

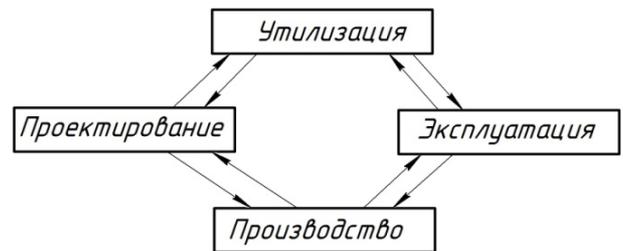


Рис. 5. Укрупненная схема жизненного цикла изделия

Необходимо отметить, что ФОТ «органично» вписываются в этот цикл, более того, при проектировании функционально-ориентированных технологических процессов разработчикам следует учитывать не только эксплуатационные свойства деталей, связанные с непосредственной эксплуатацией деталей, но и вопросы, связанные с утилизацией.

Таким образом, функционально-ориентированные технологии позволяют реализовывать в деталях судовых дизелей различные заданные свойства, которые вытекают из условий эксплуатации деталей, т.е. действия эксплуатационных функций. В частности, есть возможность реализации заданного ресурса, равного или кратного межремонтному периоду. Это позволяет уже на стадиях проектирования и производства формировать такую совокупность эксплуатационных свойств детали, которая бы позволяла полностью реализовать потенциал детали при ее эксплуатации в агрегате.

1. Элементы системы обеспечения функционально-ориентированных технологий

Вид обеспечения	Назначение обеспечения	Решаемые вопросы
Обеспечение по свойствам материала	Позволяет обеспечить заданные, требуемые или предельные свойства детали исходя из действия эксплуатационных функций.	Обеспечением необходимых свойств детали, связанных с действием изгибающих и контактных напряжений, кромочных контактов, напряжений растяжения и сжатия, различных видов износа, выносливость и долговечностью, надежностью и т.д.
Конструкторское обеспечение	Формирует необходимую конструкцию функциональных элементов детали.	Создание рациональной или оптимальной конструкции функционального элемента или детали; реализация конструкций, спроектированных на базе известных и новых принципов; проектирование конструкций, обеспечивающих: необходимые параметры напряжений различных видов, снижение различных видов износа, необходимую выносливость и долговечность, надежность и пр.
Структурное обеспечение	Формирует структуру необходимых свойств деталей.	Формирование заданных множеств функциональных элементов различных уровней, заданных множеств отношений между функциональными элементами, создание структуры детали на базе известных принципов, создание структуры детали, обеспечивающей необходимые свойства и др.
Технологическое обеспечение	Разработка и реализация функционально-ориентированного технологического процесса.	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ изделия и формирование структуры эксплуатационных функций; – деление изделия на функциональные элементы и их классификация; – разработка функционально-ориентированного технологического процесса; – реализация группы особых принципов ориентации по уровням функциональных элементов; – реализация технологических воздействий и свойств изделия в соответствии с особыми принципами ориентации; – разработка и реализация специальных технологических систем, оборудования и элементной базы; – выполнение функционально-ориентированной технологии в соответствии со специальной методикой.
Эксплуатационное обеспечение	Направлено на реализацию необходимых свойств деталей при ее эксплуатации	<ul style="list-style-type: none"> – Применение специальных смазок, покрытий и сред; – применение специальных принципов, способов и методов эксплуатации детали; – обеспечение оптимальных эксплуатационных параметров изделия.
Информационное обеспечение	Информация (техническая, технологическая, экономическая и др.) определяет параметры и особенности (правила, методы) преобразования заготовки в изделие.	<ul style="list-style-type: none"> – Информация о технологическом оборудовании; – базы данных о свойствах изделий, принципах, методах и способах преобразования изделий; – информация для контроля технологического процесса; – технико-экономические показатели; – правила выбора заготовок, разработки технологического процесса, проектирования и применения технологического оснащения.
Метрологическое обеспечение	Проверка соответствия характеристик качества деталей установленным требованиям, управление технологическим процессом	<ul style="list-style-type: none"> – Рациональный выбор средств измерений и методов их использования; – контроль геометрических, физико-механических и др. параметров деталей; – метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации; – обеспечение единства измерений при разработке, производстве и испытаниях продукции; – разработка и внедрение в производственный процесс методик выполнения измерений, гарантирующих необходимую точность измерений; – внедрение современных методов и средств измерений, автоматизированного контрольно-измерительного оборудования, измерительных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башуров, Б.П. Выбор стратегии технического обслуживания и ремонта насосов системы, обслуживающей главный двигатель судовой дизельной установки // Б.П. Башуров, Д.С. Тормашев // Судостроение. – 2011. – №1. – С. 56–59.
2. Михайлов, А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения: монография / А.Н. Михайлов. Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.
3. Михайлов, А.Н. Научно-технические функционально-ориентированные технологии в машиностроении / А.Н. Михайлов, Е.А. Михайлова // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2011. – №1(01). – С. 8-18
4. Михайлов, А.Н. Применение функционально-ориентированных технологий при производстве судовых двигателей внутреннего сгорания / А.Н. Михайлов, А.В. Костенко, А.В. Лукичев // Вестник КамчатГТУ. – 2015. – №33. – С. 11–14.
5. Глухов, В.И. Метрологическое обеспечение качества продукции машиностроения по точности геометрических величин / В.И. Глухов, Д.Б. Мартемьянов // Мир измерений. – 2013. – №7. – С. 1–13.
6. Костенко, А.В. Особенности синтеза технологических процессов деталей судовых дизелей / А.В. Костенко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2016. – №1 (52). – С. 75–83.
7. Михайлов, А.Н. Особенности проектирования функционально-ориентированных технологических процессов / А.Н. Михайлов, А.В. Костенко // Сборник трудов по материалам международного научного симпозиума технологов-машиностроителей (Ростов-на-Дону, 14-17 сентября 2016 г.). – Ростов н/Д: ДГТУ, 2016. С. 21–24.
8. Петрушин, С.И. Принципы оптимизации жизненного цикла изделий машиностроения / С.И. Петрушин, Р.Х. Губайдулина // Известия Томского политехнического университета. – 2012. Т. 321. – № 6. С. 96–100.
9. Научно-технические технологии в машиностроении / А.Г. Сулов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др.; под ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.
10. Качество машин: справочник. В 2-х т. Т. 1 / А.Г. Сулов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др. – М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
11. Сулов, А.Г. К вопросу обеспечения оптимальной долговечности машин и их деталей // Вестник машиностроения. – 2014. – № 10. – С. 35–39.

REFERENCES

1. Bashurov, B.P. Choice of strategy in technical maintenance and repair of pump system servicing propulsion engine of marine diesel plant // B.P. Bashurov, D.S. Tormashev // *Shipbuilding*. – 2011. – №1. – pp. 56–59.
2. Mikhailov, A.N. *Fundamentals of Functionally-directed Mechanical Engineering Technology Synthesis*: monograph / A.N. Mikhailov. Donetsk: DonNTU, 2009. – pp. 346.
3. Mikhailov, A.N. Science intensive functionally-directed technologies in mechanical engineering / A.N. Mikhailov, E.A. Mikhailova // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2011. – №1(01). – pp. 8-18
4. Mikhailov, A.N. Application of functionally-directed technologies at manufacturing marine internal combustion engines / A.N. Mikhailov, A.V. Kostenko, A.V. Lukichev // *Bulletin of KamchatSTU*. – 2015. – №33. – pp. 11–14.
5. Glukhov, V.I. Metrological support of quality in products of mechanical engineering on geometrical value accuracy / V.I. Glukhov, D.B. Martemianov // *Measurement World*. – 2013. – №7. – pp. 1–13.
6. Kostenko, A.V. Peculiarities in synthesis of technological processes of parts for marine diesel engines / A.V. Kostenko // *Efficient Technologies and Systems of Mechanical Engineering*. – 2016. – №1 (52). – pp. 75–83.
7. Mikhailov, A.N. Peculiarities in designing functionally-directed technological processes / A.N. Mikhailov, A.V. Kostenko // *Proceedings of the Inter. Scientific Symposium of Technologist-Mechanists (Rostov-upon-Don, September 14-17, 2016)*. – Rostov/Don: DSTU, 2016. pp. 21–24.
8. Petrushin, S.I. Principles in optimization of mechanical engineering part life / S.I. Petrushin, R.H. Gubaidullina // *Transactions of Tomsk Polytechnics University*. – 2012. Vol. 321. – № 6. pp. 96–100.
9. *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering* / A.G. Suslov, B.M. Bazrov, V.F. Beziyazychny et al.; under the editorship of A.G. Suslov. – M.: Mechanical Engineering, 2012. – pp. 528.
10. *Machinery Quality*: reference book. In 2 Vol. Vol. 1 / A.G. Suslov, E.D. Brown, N.A. Vitkevich et al. – M.: Mechanical Engineering, 1995. – pp. 256.
11. Suslov, A.G. To problem of optimum life support in machines and their parts // *Bulletin of Mechanical Engineering*. – 2014. – № 10. – pp. 35–39.

Рецензент д.т.н. А.Г. Сулов

