

ПРОБЛЕМЫ РЕНОВАЦИИ СУДОВЫХ ДВС

*В.А. Сорокин, к.т.н., доц.
АО «Центральный научно-исследовательский
и проектно-конструкторский институт морского флота»*

Значение ресурсосберегающих технологий при развитии судового энергомашиностроения приобретает особую актуальность. Значительным резервом ресурсосбережения судовых энергетических установок (СЭО), включая ДВС, может служить реновация как форма утилизации, обеспечивающая частичный возврат затраченных материальных и энергетических ресурсов при постройке судна. Производственный процесс реновации СЭО или их элементов (деталей, сборочных единиц) представляет собой совокупность работ, обеспечивающих восстановление потребительских свойств объектов реновации для возможного их использования в новых жизненных циклах.

Развитие процессов реновации позволяет сэкономить сырье, материалы, энергоресурсы, а также уменьшить негативное влияние на окружающую среду.

Развитие современного судового машиностроительного производства характеризуется повышенным вниманием к ресурсосберегающим технологиям, поскольку энергетические ресурсы на нашей планете, как известно, ограничены. Поиск новых путей обеспечения ресурсосбережения при производстве и технической эксплуатации объектов судостроения — важнейшая проблема всех развитых стран.

К числу основных направлений ресурсосбережения в энергомашиностроении следует отнести: реновацию, безотходные технологии, улучшение потребительских свойств, повышение технологичности изделий, уменьшение массы и конструктивное совершенство машин.

Комплексная работа по экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов обеспечивается на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) машин, включая утилизацию [1].

Обычно после списания судна его корпус и энергетическое оборудование представляют собой отходы потребления, подлежащие утилизации переработкой в металлолом, чем обеспечивается вторичное использование материальных ресурсов. Данная форма утилизации судового энергетического оборудования обеспечивает возврат материальных ресурсов, стоимость которых со-

ставляет около 3–5 % его первоначальной стоимости. В целях повышения эффективности ресурсосбережения целесообразно применять другие более совершенные формы утилизации, предусматривающие возможность вторичного использования в новых ЖЦ оборудования или его ресурсоемких элементов при наличии остаточного ресурса, либо в случае возможности и целесообразности — восстановление объекта утилизации в исходном виде.

Вторичное использование утилизируемых объектов по своему или новому назначению требует проведения комплекса работ. Производственный процесс возобновления функциональных параметров энергетического оборудования, демонтированного с утилизируемого объекта морской техники для его использования в новых ЖЦ, получил наименование реновация. Термин «реновация» (лат. *renovatio*) — восстановление или возобновление функциональных показателей системы или отдельных ее элементов.

Реновация ДВС — производственный процесс возобновления потребительских свойств двигателя, демонтированного с объекта утилизации морской техники, в целях его последующего использования в новых ЖЦ.

Предпосылки к реновации ДВС определяются спецификой морской техники, характеризующейся значительными массогабаритными и ресурсоемкими показателями, широкой номенклатурой, а также существенными различиями в уровнях деградиционных процессов к моменту утилизации судна.

Реновации подлежат ДВС, механизмы и оборудование, дальнейшая эксплуатация которых невозможна, экономически не оправдана, или опасна для окружающей среды и/или для человека.

В статье также кратко рассмотрена взаимосвязь процессов реновации судовых ДВС с утилизацией судна как объекта морской техники.

Некоторые виды оборудования, например, аварийные дизель-генераторы, шлюпочные двигатели, водоотливные и пожарные насосы за время использования судна реализуют не более 5–8 % исходного ресурса. Детали цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма судовых дизелей обычно достигают предельного состояния, однако некоторые базо-

вые элементы конструкции (остов, коленчатый вал) по своему техническому состоянию могут быть использованы вторично. Известно также, что главные двигатели, изготавливаются в условиях мелкосерийного производства, характеризуются значительной трудоемкостью и высокой стоимостью. Общая стоимость ДВС составляет около 10 % общей стоимости судна. Старение отечественного флота, вызванное значительным спадом в отрасли судостроения, деградация судового энергомашиностроения также создает предпосылки к реновации ДВС.

Как известно, с 90-х годов прошлого века в России в результате экономического спада практически не обновлялся парк морских судов. Поэтому средний возраст значительной части судов в настоящее время составляет более 25 лет. Они во многом утратили проектные характеристики, что объясняется изношенностью корпуса, а также выработкой моторесурса ДВС, что ухудшает эксплуатационные показатели судов и, в конечном счете, снижает экономическую эффективность их эксплуатации. За последние 15 лет в России было выведено из эксплуатации более 10 тысяч судов главным образом из-за их физического и морального износа.

В результате в отечественном судоходстве возникла дилемма: или утилизация большого количества старых судов, или выполнение комплексных ремонтных мероприятий, которые позволили бы восстановить их эксплуатационные свойства.

Следует отметить, что реновация судового энергетического оборудования относится к обществу значимым проблемам, поскольку она способствует сохранению флота в условиях спада в судостроительной отрасли.

Для повышения эффективности реновации ДВС необходимо стремиться к повторному использованию их деталей и узлов, сохранивших значительный остаточный ресурс. При этом главной проблемой является надежность оценки величины остаточного ресурса, что определяет пригодность детали к повторному использованию.

Использование реновационных деталей в новых жизненных циклах возможно также после их частичного восстановления. Существующие технологии восстановления деталей методом плазменного напыления, лазерной наплавки и т. п. позволяют не только восстановить работоспособность деталей, но и превратить их первоначальный ресурс. Данный путь реновации естественно требует дополнительных затрат, а процесс восстановления деталей ДВС должен быть максимально приближен к условиям производства завода-изготовителя [2].

При использовании восстановленных деталей, необходимо учитывать экономическую эффек-

тивность их вторичного использования, которая оценивается целым рядом показателей [3].

Показатели технологичности конструкции ДВС характеризуют ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте с учетом объема выпуска и условий производства. К ним относятся такие характеристики изделия, как трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость.

Жизненные циклы ДВС характеризуются продолжительностью их существования, начиная с момента обоснования расчетного ресурса при создании двигателя и заканчиваются процессом утилизации.

Реновация может дать начало повторному использованию двигателя или его отдельных элементов в новых жизненных циклах при изготовлении или технической эксплуатации аналогичных двигателей.

При этом важнейшим фактором является объективная оценка уровня физического и морального износа объекта утилизации [4].

Очевидно, что утилизация судовых ДВС включает в себя разборку, дефектацию, сортировку деталей и их переработку или восстановление, а также транспортные и погрузочно-разгрузочные работы. Возврат материалов, затраченных при производстве оборудования, обеспечивает существенную экономию материальных и энергетических ресурсов.

На формирование ресурсосберегающих технологий при производстве ДВС влияют различные факторы: сложность свойств, образующих качество двигателя; новизна его конструкции; трудности управления научно-техническими, опытно-конструкторскими и опытно-технологическими работами; условия использования по назначению, восстановление и техническое обслуживание эксплуатируемых двигателей и т. п. Эти факторы определяют номенклатуру ресурсосберегающих показателей, особенности их выбора и применения для конкретных условий разработки, изготовления и использования двигателей и поэтому должны быть выявлены до начала формирования системы показателей качества в целом [5].

Таким образом, решение о возможности и целесообразности реновационно-восстановительного ремонта должно базироваться на следующих основных положениях.

1. Возможность и целесообразность реновации деталей ДВС в форме их повторного (вторичного) использования определяется путем оценки их технического состояния, экономической целесообразности и востребованности. Экономически оправдано использование реновационных деталей, изготовление которых требует больших материальных и энергетических затрат, например, ко-

ленчатый вал, детали остова (фундаментная рама, блок цилиндров), крышки цилиндра, шатуны, поршни, втулки.

2. Принятие решения о возможности использования деталей после реновации ДВС производится после тщательного анализа и оценки их технического состояния с использованием визуального, инструментального и неразрушающих методов контроля и дефектации. Расчетный метод оценки технического состояния является обязательным, задача которого — определение остаточного ресурса и запаса прочности.

3. Расчетная оценка остаточного ресурса и запаса прочности производится на основании информации о наработке детали до момента начала реновационного процесса, фактического состояния, условий эксплуатации двигателя, количества ремонтов, выполненных технических обслуживаниях и др. Необходимой информацией для расчета остаточной долговечности служит также время работы и величина износа после последнего ремонта или после замены интересующей детали.

4. Возможны два направления использования реновационных деталей:

➤ без восстановления ресурса, если техническое состояние детали соответствует техническим условиям, а ее остаточный ресурс гарантирует безаварийную эксплуатацию на заданный срок;

➤ использование детали после восстановительного ремонта, в процессе которого восстанавливается утраченный ресурс и работоспособность.

Принято считать, что применение деталей для вторичного использования в новых жизненных циклах целесообразно, если их остаточный ресурс составляет не менее 0,5–0,6 от ресурса новой детали.

5. Выбор метода восстановительного ремонта зависит от большого количества факторов, включая характер и размеры повреждений, возможность обеспечения заданных геометрических размеров по точности и свойствам поверхностного слоя, наличия оборудования и материалов, а также себестоимости и трудоемкости работ. Технологический процесс реновационно-восстановительного ремонта предусматривает использование широкой номенклатуры различного оборудования, установок, стенов, приспособлений, инструментов, а также участия квалифицированных инженерно-технических сотрудников и рабочих. Учитывая характер технологического процесса, реновационно-восстановительный ремонт необходимо выполнять на специализированных ремонтных предприятиях, оснащенных современным оборудованием для механической обработки, поверхностного упрочнения, гальванического покрытия и т. п.

Решение об утилизации судна как объекта морской техники может быть принято судовладельцем в силу убыточности дальнейшей эксплуатации. При этом отдельные элементы сохраняют свои потребительские свойства, однако независимо от этого могут подлежать утилизации.

В настоящее время имеется опыт отдельного использования различных элементов утилизируемых судов — корпуса, ДВС и других при постройке новых судов при участии и наблюдении Речного регистра РФ [6, 7].

Эффективность ресурсосбережения при утилизации ДВС обеспечивается выборочным использованием в новых ЖЦ остаточного ресурса оборудования или его ресурсоемких элементов, что является типичным признаком реновационного процесса. Реализация данного направления обеспечивается путем решения следующих задач: обоснование и разработка общих организационно-технологических принципов реновации; разработка методики реализации объекта реновации для использования в новом ЖЦ по своему или новому функциональному назначению.

В настоящее время развитие реновации как формы утилизации ДВС сдерживается отсутствием нормативно-правовой документации.

В конвенциях, стандартах, руководствах, Правилах РМРС и других нормативно-правовых документах нет положений и требований, регламентирующих правила и процедуры проведения реновации судовых механизмов, включая ДВС. В Правилах РРР имеются отдельные положения, касающиеся реновации корпусных конструкций судна.

В настоящее время вопросы реновации судовых технических средств решаются в большинстве случаев судовладельцами самостоятельно, привлекая, в случае необходимости, инспекцию Классификационного общества. По указанным причинам проведение реновации ресурсоемких объектов или их элементов носит случайный и ограниченный характер.

Известно, что отдельные фирмы для обеспечения ремонта, например, главных двигателей, постоянно используют детали утилизированных машин по критерию востребованности без достаточно обоснованной оценки технического состояния.

Постройка или модернизация судов с использованием элементов списанного судна возможна только после того, как судно-донор снято с учета (это дает возможность произвести его разделку).

С позиции ЖЦ ДВС процесс использования остаточного ресурса надо рассматривать как нормальный, технически и экономически неизбежный. Желательно, чтобы в период создания

ДВС прогнозировался ресурс наиболее важных или дорогостоящих изделий; предусматривалась технология их восстановления и в какой-то мере этого процесса уже в ходе проектирования. Поэтому в комплекте технической документации на эти изделия необходимо предусматривать документацию по рациональному использованию остаточного ресурса (утилизации).

Обоснованием реновации ДВС или их элементов служат следующие объективные факторы:

- необходимость сбережения материальных и энергетических ресурсов за счет вторичного использования оборудования или его элементов;
- изменение условий технической эксплуатации флота в связи с его старением, в частности уменьшение межремонтных периодов, увеличение затрат на ремонты, в том числе на запасные части;
- недостаточное обеспечение потребности в судовом оборудовании и запасных частях.

Необходимо отметить, что своевременная утилизация ДВС с использованием частичной реновации способствует улучшению экологической ситуации, поскольку скопление судов, ожидающих разделки, представляет потенциальную экологическую опасность.

Алгоритм критериального обоснования возможных вариантов использования утилизируемого ДВС должен рассматривать различные способы реализации в зависимости от его технического состояния.

Реновация ДВС или его элементов, в частности главных двигателей, в настоящее время носит лишь случайный характер, поскольку этот процесс затруднен рядом обстоятельств, в том числе — отсутствием предреновационной подготовки, разукomплектованностью оборудования, утратой технической документации вследствие неоднократной смены судовладельца, а также (как отмечено выше) отсутствием нормативно-правовой документации, регламентирующей процедуры реновации.

Разработка методологических принципов проведения реновации включает решение следующих основных задач:

- анализ существующих и перспективных процессов реновации судового энергетического оборудования судов различного назначения с разработкой рекомендаций по оптимальным решениям и приоритетному использованию;
- разработка критериев вторичного использования ДВС или его элементов в новых ЖЦ по первоначальному или новому назначению с прогнозированием остаточного ресурса деталей и узлов с учетом износа и усталостной прочности;
- анализ различных факторов и рисков, влияющих на эксплуатационные показатели

реновационных ДВС различной комплектацией и назначения (главные, вспомогательные и аварийные);

- разработка методов восстановительного ремонта деталей и узлов ДВС для последующего их использования в новых жизненных циклах.

Применительно ко всем направлениям утилизации ДВС (использования их остаточных ресурсов) они представляют по своей сути специализированный вид производства с характерными для каждого из них технологическими процессами. При этом процессы могут быть полными или частичными; выполняться по месту снятия изделия с эксплуатации или в условиях специализированных организаций, а также с разными уровнями централизации и специализации производства работ.

Оценка технического состояния непосредственно в процессе реновации производится по комплексным показателям, включая степень износа и повреждений деталей, результатов дефектации, проверок, испытаний, параметров оценки остаточного ресурса и др.

Производится также расчет запаса усталостной прочности и остаточного ресурса по величине запаса прочности деталей [8].

Реновационные ДВС должны удовлетворять стандартам безопасности плавания. Вполне очевидно, что техническое состояние важнейших реновационных частей ДВС должно обеспечивать безопасность эксплуатации, а также соответствовать требованиям РМРС и международных конвенций.

Известно, что длительная работа особо нагруженных деталей ДВС, например коленчатого вала двигателя и др., в условиях циклических напряжений приводит к накоплению усталости металла, возникновению трещин и последующему разрушению. По существу происходит качественное изменение материала, поэтому повторное использование подобных деталей возможно лишь при особо тщательном контроле их поверхностей, на отсутствие трещин (особенно в местах концентраторов напряжений) [8]. Однако обычно методы дефектации (токовихревой капиллярный и др.) не всегда позволяют обнаружить субмикроскопические трещины на поверхности деталей.

Методы неразрушающего контроля позволяют обнаружить усталостные трещины длиной не менее 1–6 мм, раскрытием не менее 1–3 мкм и глубиной не менее 0,05–0,5 мм. Если накопление усталости металла проявляется в виде субмикроскопических и микроскопических трещин размерами менее указанных выше, то они не обнаруживаются с помощью традиционных методов неразрушающего контроля. Детали ДВС при

наличии усталостных трещин таких размеров не могут служить объектом реновации, поскольку у них отсутствует достаточный запас усталостной прочности.

Использование методов, позволяющих оценивать усталостное состояние металла на более ранних периодах эксплуатации, позволяет прогнозировать усталостные разрушения, а также с высокой степенью надежности использовать восстановленные детали.

Ниже приведен перечень сборочных единиц и деталей судовых дизелей, подлежащих при реновации обязательной проверке на отсутствие трещин методами неразрушающего контроля: тронк поршня; головка поршня; поршневой палец; вставка поршня; вкладыш нижней головки шатуна; нижний вкладыш рамового подшипника; вкладыш упорного подшипника; подшипники распределительного вала; днище (огневая часть) крышки цилиндров; седло выпускного клапана; клапан выпускной — шпindel, тарелка; ролик и ось толкателя топливного насоса; вал ротора газотурбонагнетателя в сборе; улитка газоприемная ГТН; коленчатый вал; цилиндровая втулка; блок цилиндров (опорные бурты); шатун (тело, район зубчатых разъемов); втулка цилиндра (опорный бурт); шатунные болты и болты крепления противовесов к/в.

Для решения вопроса о возможности использования дорогостоящих деталей в новых жизненных циклах машин необходимо иметь достоверную оценку их усталостного состояния, на основе которой можно прогнозировать длительность работы до ее разрушения.

Особой проблемой прогнозирования ресурсных показателей ДВС остается аналитическое описание потери работоспособности их деталей и узлов с увеличением наработки. Существует множество факторов, оказывающих разрушающее воздействие, однако большинство деталей ДВС выходят из строя по причине накопления многоциклового усталости и износа. Эти физические процессы старения деталей в известной мере поддаются расчету. Применительно к решаемой задаче расчетами на усталость должны определяться уменьшение прочности при увеличении наработки, а расчетами на износ — увеличение зазоров [8].

Как отмечено выше, одной из основных причин усталостного разрушения является образование трещин под действием динамических прикладываемых циклических нагрузок. Причем нагрузка по амплитуде распределена в относительно узком диапазоне и имеет ограничение в зависимости от максимального давления сгорания в цилиндре. Циклическое нагружение приводит к накоплению усталости металла и к появлению трещин.

Как известно, число циклов нагружения ($N_{ц}$) связано с частотой вращения (n , об/мин) двигателя следующей зависимостью

$$N_{ц} = 60 n t k, \quad (1)$$

где t — наработка двигателя, ч; k — коэффициент, учитывающий тактность двигателя: $k = 1$ для двухтактных и $0,5$ для четырехтактных двигателей.

Если рассмотреть и принять для расчета среднестатистические (интегральные) параметры ресурса различных по частоте вращения двигателей в соответствии с их классификацией (ВОД, СОД, МОД), то число циклов нагружения рассчитанное по формуле (1) до выработки ими назначенного ресурса приведено в таблице:

	ВОД 1 Ресурс — 40 тыс. ч, $n = 1500$ об/мин	СОД Ресурс — 90 тыс. ч, $n = 750$ об/мин	МОД Ресурс — 170 тыс. ч, $n = 130$ об/мин
2	Количество циклов нагружения до выработки ресурса		
3	$1,8 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$

Как известно, кривая усталости (кривая Велера) показывает, что с увеличением числа циклов нагружения (наработки двигателя) максимальное напряжение, при котором происходит разрушение, значительно уменьшается.

Как видно из таблицы, число циклов нагружения деталей ДВС при наработке, соответствующей выработке назначенного ресурса, для двигателей различного назначения составляет 10^9 – 10^{10} циклов, что значительно превышает число базовых циклов при лабораторных испытаниях образцов на предел выносливости (обычно $M_6 = 10^7$), при достижении которого усталостного разрушения не происходит.

В работе [9] показано, что спектр эксплуатационных средних нагрузок судовых дизелей составляет: для ГД — 60–80 % от номинальной мощности; ДГ — 50–70 %. Это свидетельствует о том, что средний уровень нагрузок в циклах нагружения меньше их расчетных значений для номинального режима работы ДВС. В соответствии с кривой усталости Велера снижение нагрузки (напряжения) в циклах нагружения приводит к увеличению их числа, при котором происходит разрушение материала.

Это положение хорошо коррелируется с опытом освидетельствований двигателей, выработавших свой моторесурс. Как правило, на деталях, отработавших весь срок назначенного ресурса (базовые детали) в условиях циклических нагрузок, при их дефектации трещины не обнаруживаются.

Таким образом, учет эксплуатационных режимов работы судовых ДВС позволяет иметь резерв для продления ресурса двигателей до списания [9], что открывает возможности для проведения реновации.

Критерии для оценки оптимальных условий реновации должны определяться с учетом экономической эффективности, так как конечный результат оптимальной реновации в основном зависит от выбранных критериев.

В любом случае реновация может считаться оптимальной, если при одном из принятых решений затраты на ее проведение будут минимальными, а доход от повторного использования объекта максимальным при гарантированной работоспособности объекта.

Необходимо особо подчеркнуть, что уровень реновации должен также определяться условиями, в которых ДВС будет эксплуатироваться.

Любой вид ДВС, прежде всего главный дизель, представляет собой сложную систему, которая включает большое количество элементов, работающих в различных условиях и имеющих разный срок службы. Некоторые детали требуют замены в процессе технической эксплуатации, другие, например, детали остова дизеля, обычно имеют избыточный ресурс и их состояние к моменту завершения ЖЦ может находиться в пределах требований технических условий.

Известно, что специализированные предприятия производят восстановительный ремонт дорогостоящих деталей, таких как коленчатые валы, поршни, цилиндрические втулки, крышки цилиндров ДВС и др. [10, 11]

Важной составляющей системы технического обслуживания и ремонта судовых ДВС является обеспечение их высококачественными запасными частями. Потребность судовладельцев в запасных частях удовлетворяются либо путем закупок, либо за счет восстановления изношенных деталей.

На практике проблема поставки запасных частей обостряется из-за старения флота. Особенно это относится к изделиям малой серии, в первую очередь к главным судовым двигателям. Они могут иметь существенные конструктивные различия в зависимости от типа судна, места и времени его постройки. Это значительно затрудняет поставку запасных частей от производителя двигателей. К тому же многие двигатели, эксплуатирующиеся на судах, морально устарели и сняты с производства. Понятно, что с увеличением возраста судовых двигателей потребности в запасных частях только растут. В условиях, когда изготовление запасных частей на заводе-производителе двигателей невозможно или экономически неоправдано из-за дороговизны, возникают известные трудности при эксплуатации. Выход из данной неопределенной ситуации — попытки судоремонтных заводов изготавливать самостоятельно запасные части судовых ДВС. Однако, как показывает опыт, технологические возможности судоремонтных заводов ограничены, со-

ответственно качество изготовления запасных частей зачастую не отвечает техническим требованиям [10].

Производство запасных частей для судовых дизелей дизелестроительными фирмами является эффективной коммерческой деятельностью, приносящей прибыль, поскольку цены на них часто сопоставимы с уровнем цен на эти детали, используемые в качестве комплектующих при производстве. Во многих странах, включая РФ, появились совершенно независимые так называемые «пиратские фирмы», занимающиеся восстановлением деталей и предлагающие судовладельцам запасные части по более низким ценам. Снижение себестоимости продукции на таких фирмах достигается обычно путем исключения затрат на дорогостоящие процессы производства, контроля качества, обеспечения гарантии высокой эксплуатационной надежности деталей.

Анализ производства и потребления судовладельцами запасных частей позволяет сделать заключение об отсутствии системы восстановления деталей как целостного механизма, основанного на взаимовыгодном сотрудничестве изготовителей и потребителей запасных частей и имеющей достаточное обоснование.

Успешное проведение различных видов ремонта судовых ДВС часто зависит от наличия запасных частей, а реновация деталей утилизируемых ДВС позволяет частично решить эту проблему.

К типовым видам повреждений реновационных деталей, устранение которых возможно при восстановительном ремонте, относятся: повышенные износы при незначительных повреждениях рабочих поверхностей (задиры, схватывание); износы и выкрашивание отдельных участков поверхностей; искривление оси валов; ослабление пресовых посадок в сопряжениях; коррозионные, эрозийные и кавитационные разрушения.

Рассматриваются следующие условия реновации элементов ДВС без восстановительного ремонта: наличие документации на утилизируемую деталь; наличие существенного остаточного ресурса не менее 0,5–0,6 от исходного; отсутствие аварийных повреждений рабочих поверхностей (задиры, выкрашивание и т. д.); геометрические параметры точности (размеры, форма, взаимное расположение поверхностей) в пределах допуска в соответствии с ТУ; качество поверхностного слоя, включая микрогеометрию, толщину упрочненного слоя или покрытия в пределах ТУ и т. д.

Совокупность указанных показателей качества позволяет принять решение об использовании утилизированных деталей лишь при условии сохранения ими запаса усталостной прочности (для деталей работающих в условиях циклической нагрузки).

Рациональный выбор методов реновационно-восстановительного ремонта деталей определяется принципами качественной, экономической и организационной целесообразности. Очевидно, что реновационно-восстановительный ремонт некоторых особо ресурсоемких деталей рационально выполнять на заводах, производящих это оборудование (фирменный ремонт), что способствует улучшению их качества.

Реновацию ДВС при списании судна целесообразно проводить в условиях специализированного реновационного технологического центра. Частичная реновация может осуществляться на судоремонтном предприятии, например при модернизации судна, либо на специализированных реновационных фирмах.

Заключительным этапом проектирования технологического процесса восстановления — прогнозирование ресурса и расчет стоимости восстановления с использованием современных материалов и методов восстановления деталей позволяет не только обеспечить исходный ресурс, но иногда превысить его.

Однако следует также учитывать психологию судового экипажа, который часто негативно относится к восстановленным деталям и поэтому старается заменить их на новые при первой возможности без учета технико-экономических показателей.

Создание специализированных центров (участков), организация планирования восстановления деталей и узлов ДВС, оснащение реновационных центров современным специализированным производственным и технологическим оборудованием, внедрение прогрессивных инновационных технологических процессов восстановления судового оборудования являются совокупностью взаимосвязанных организационно-технических мероприятий, обеспечивающих успешное проведение реновации с технико-экономическим эффектом ее реализации. Для практического решения вопросов совершенствования организационных форм восстановления деталей и узлов судовых двигателей необходим комплексный системный подход.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что реновация особенно эффективна, когда она выполняется на индустриальной основе, с использованием прогрессивного оборудования, методов и форм организации производства. Можно сделать заключение о необходимости

создания и внедрения в систему централизованного восстановления с определенной специализацией и концентрацией производства, организацию специализированных участков и цехов.

Централизованное восстановление способствует достижению высокого уровня технологической подготовки, повышению производительности труда, внедрению высокопроизводительного, автоматизированного оборудования.

Применительно ко всем направлениям утилизации СЭО (ДВС) они представляют по своей сути специализированный вид производства с характерными для каждого из них технологическими процессами. При этом процессы могут быть полными или частичными, выполняться организациями с разными уровнями специализации.

При незначительной нагрузке объектами реновации судоремонтное предприятие в наибольшей степени отвечает требованиям, предъявляемым к выполнению реновационных работ.

Литература

1. Карпунин М.Г. и др. Жизненный цикл и эффективность машин. — М.: Машиностроение, 1989. — 312 с.
2. Сорокин В.А. Инновации в судовом дизелестроении // Судостроение. — 2013. — № 5. — С. 34–38.
3. Пирса Д.Г., Уолтер И. Исследование вторичных ресурсов. Экономические аспекты. — М.: Экономика, 1981. — 95 с.
4. Волков Б.Н., Яновский Г.А. Основы ресурсосбережения в машиностроении. — Л.: Политехника, 1991. — 180 с.
5. Сорокин В.А. Производство современных среднеоборотных судовых дизелей // Двигателестроение. — 2013. — № 3. — С. 3–8.
6. Российский речной регистр. Руководство Р. 003–2002. Строительство судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания с использованием элементов эксплуатировавшихся судов. — М., 2003.
7. Ефремов Н.А., Егоров Г.В. Опыт строительства судов с использованием элементов эксплуатировавшегося флота. — М., 2005. — 25 с.
8. Румб В.К., Медведев В.В. Прочность судового оборудования. Ч. 1. Конструирование и расчеты прочности судовых двигателей внутреннего сгорания. — СПб.: ГМТУ, 2006. — 536 с.
9. Сорокин В.А. Проблемы эксплуатации судовых дизелей с большой наработкой // Двигателестроение. — 2016. — № 1. — С. 34–39.
10. Молодцов Н.С. Восстановление изношенных деталей судовых механизмов. — М.: Транспорт, 1988. — 182 с.
11. Кривошеиков В.Е. Восстановление изношенных деталей судовых дизелей // Судостроение. — 1993. — № 10. — С. 34–37.