

УДК 629.5.083.5: 621.182.56

Кашина Вера Владимировна¹, к.т.н., 2 помощник капитана
e-mail: lrtof@mail.ru

Бурмистров Евгений Геннадьевич², д.т.н., профессор, профессор кафедры ПиТПС,
e-mail: burmistrov_e_g@mail.ru

¹ООО «Волго-Балтийский флот», г. Нижний Новгород, Россия.

²Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРУДНОПРОГНОЗИРУЕМЫХ ДЕФЕКТОВ И ИХ УЧЕТ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОБЪЕМОВ РЕМОНТА КОРПУСОВ СУДОВ

Аннотация. Рассматриваются причины появления дефектов корпусных конструкций, а также основные факторы, определяющие их возникновение. Выявлены характерные повреждения судов проектов Р32, Р32А и переоборудованных судов проекта 1570. Выполнен анализ точности прогнозирования объемов ремонта корпусных конструкций по этим судам. Сформулирован порядок выполнения прогнозирования объемов ремонта корпусов судов, позволяющий повысить точность предварительных расчетов.

Ключевые слова: дефекты корпусных конструкций, прогнозирование объемов ремонта, труднопрогнозируемые дефекты, причины возникновения дефектов

Введение. Высокий уровень технической эксплуатации флота во многом обуславливается качеством выполняемого ремонта. При этом судоремонтная отрасль характеризуется трудностями планирования, а повышение эффективности подготовки производства в судоремонте является важной задачей [1]. Для владельцев судов, в свою очередь, определенный интерес представляет информация об объемах предстоящего ремонта. С целью получения необходимой информации применяются несколько основных подходов, включающие предварительную дефектацию, изучение предыдущего акта дефектации и сведений о выполненном ремонте, а также анализ опыта ремонта судов конкретного проекта. Вместе с тем в большинстве случаев применение каждого из этих подходов не дает высокой точности получаемых результатов. Эта особенность провоцирует непредвиденный рост расходов на ремонт и увеличение сроков его выполнения для судовладельцев и срыв графиков, технологические, логистические и материальные издержки для предприятия-исполнителя ремонта. Непредвиденный рост объемов ремонта в сравнении с прогнозными значениями обуславливается наличием неучтенных дефектов, которые с трудом поддаются прогнозированию в рамках известных подходов, а также технологическими особенностями выполнения ремонта. Очевидно, что для повышения точности прогнозирования необходимо детальное изучение перечисленных аспектов снижения точности прогнозирования, включая причины их возникновения. Кроме того, необходима выработка новых подходов к прогнозированию, позволяющих учесть соответствующие объемы ремонта.

Причины возникновения труднопрогнозируемых дефектов и факторы на них влияющие. Возникновение любых дефектов корпусных конструкций обуславливается множеством факторов, начиная от типа судна, особенностей конкретного проекта и заканчивая условиями эксплуатации вкупе с текущим техническим состоянием. На возникно-

вание дефектов влияет множество причин, которые в свою очередь обуславливаются набором факторов, повышающих риск возникновения той или иной причины.

Сухогрузные транзитные суда, перевозящие навалочные минерально-строительные грузы и составляющие большую часть грузового флота, находятся в наиболее тяжелых условиях эксплуатации [2]. Для их эксплуатации характерны дополнительные нагрузки, связанные с грузовыми операциями. Так при выгрузке грейферами корпуса этих судов характеризуются массовыми повреждениями обшивки, а иногда и набора [2]. Кроме того, при ремонте сухогрузных судов внутреннего плавания, зачастую не уделяется должное внимание защите корпуса от коррозии, что крайне негативно сказывается на сроке и качестве эксплуатации металла [3,4]

В целом возникновение повреждений и износов корпусных конструкций связано со следующими причинами:

- эрозионное изнашивание днищевой обшивки при движении на мелководье;
- повреждения подводной части корпуса;
- деформации и разрывы бортовой обшивки, конструкций привальных брусьев, палубного стрингера и примыкающих балок набора вследствие швартовных операций и т.д.;
- деформации и разрывы настила второго дна, внутренних бортов и примыкающего набора вследствие выгрузки грейфером, а также неправильной погрузки штучных грузов;
- прогиб/перегиб корпуса и сопровождающие его повреждения;
- деформации обшивки и набора борта, преимущественно в носовой оконечности, полученные при воздействии волнения;
- язвенный коррозионный износ и изнашивание сварных соединений, развивающийся по причине длительного отстоя в межнавигационный период и при отсутствии качественной очистки и покраски подводной части корпуса;
- свищи, трещины, разрывы и прочие повреждения, нарушающие непроницаемость обшивки вызванные эксплуатационными.

Факторами получения дефектов являются:

- конструктивные особенности судна;
- квалификация экипажа;
- работа на мелководье, в условиях ледовых и волновых нагрузок;
- текущее техническое состояние корпуса судна, ДРК и иных элементов;
- качество выполняемых ремонтов, очистки корпуса и его покрытия защитными составами, а также непосредственно квалификация и технические возможности предприятия-исполнителя судоремонтных работ [5,6];
- качество выполняемых ранее дефектаций;
- длительность отстоев;
- частота погрузки/разгрузки грейферами и плавучими кранами.

Таким образом, на риск получения судном дефектов, влияет множество факторов, которые разнятся в зависимости от расположения повреждений на корпусе судна. Важнейшее влияние оказывают особенности конструкции и свойств материала корпуса конкретного проекта.

Для выявления характерных повреждений, обусловленных особенностями корпусных конструкций, были изучены данные о повреждениях и износах двух групп судов. Для выполнения сопоставительного анализа характерных повреждений были исследованы корпуса пяти судов проектов Р32, Р32А и восьми судов проекта 1570, переоборудованных в сухогрузные теплоходы или самоходные шаланды. Обоснованием выбора этих двух проектов судов послужило то, что имея разную конструкцию корпуса они при годном начальном техническом состоянии эксплуатируются на протяжении более чем 7 лет на аналогичных линиях с перевозкой идентичных грузов. Районом плавания для них преимущественно является линия г. Череповец-Санкт-Петербург, Онежское, Ладожское озе-

ра, г. Москва и г.Тверь с единичными рейсами иного направления. Перевозимые грузы: преимущественно щебни различных фракций и рулонный металлопрокат. При анализе общий равномерный износ связей не исследовался. Важно отметить, что по всем упомянутым судам предварительно составлялся прогноз объемов ремонта. Дефекты, не вошедшие в прогнозы по причине невозможности их выявления выделены в таблице цветом.

В результате исследования упомянутых судов были выявлены следующие особенности повреждений:

1. На судах типа «Невский» наиболее характерными повреждениями являются гофрировки внутренних бортов и настила второго дна, а также бухтины, гофрировки и вмятины по наружным бортам в ширстречной зоне, деформации скуловых поясов обшивки днища, деформация и отрыв бортового набора от обшивки и кромочные деформации обшивки поперечных переборок у борта. Также характерным является интенсивный язвенный износ палубных настилов, особенно в районе оконечностей.

2) для переоборудованных судов типа «Нефтерудовоз» при работе на перевозке щебня и металлопроката характерными являются деформации и разрывы настила второго дна и примыкающего набора, а также нижнего пояса внутреннего борта без набора. Кроме того, отмечается язвенная коррозия днища в отдельных зонах, преимущественно в носовых оконечностях и в районе МКО. Характерных для судов проекта Р32 деформаций бортовой обшивки у них не фиксировалось.

При этом фактически труднопрогнозируемыми дефектами являлись для судов типа «Невский» – язвенный износ подводной части корпуса с наружной стороны, недопустимые деформации обшивки днища, поперечные складки в районе скулового пояса наружной обшивки. Для судов пр.1570 затруднение в прогнозировании вызвали такие дефекты как деформации обшивки днища, местно распространенный язвенный износ с наружной стороны обшивки днища, износ стенок балок в зоне примыкания ко всем видам обшивок.

Общими характерными труднопрогнозируемыми дефектами для всех судов является язвенный износ и деформации наружной обшивки ниже ватерлинии.

Сложности с прогнозированием развития язв вызывает то, что скорость язвенной коррозии более чем в два раза выше скорости равномерного изнашивания. Процесс развивается с различной скоростью на наружных и внутренних поверхностях обшивки корпуса судна: размер разрушений с наружной стороны составляет 75% суммарного коррозионного износа обшивки [7]. Таким образом этот вопрос заслуживает отдельного пристального внимания при мониторинге технического состояния корпусных конструкций на протяжении всего жизненного цикла судна.

Для определения точности прогнозирования были изучены данные о прогнозируемых и фактически замененных массах металла каждого из рассматриваемых судов (табл.1). Характерно, что наибольшая прибавка объемов ремонтных работ в выражении массы отмечалась для судов типа «Невский» ввиду изначально большего объема ремонтных работ. Для судов пр. 1570 прибавка значительна в процентном соотношении, но не велика в массовом выражении. Это можно объяснить небольшими объемами ремонтных работ, на фоне которых даже небольшое добавление объемов ремонта показывает значительный рост в процентном выражении. На вновь выявленные дефекты по всем судам приходится более 70% добавленных объемов заменяемого металла. Причинами их позднего выявления являются:

- 1) локализация дефектов в недоступных для осмотра на плаву местах;
- 2) отсутствие дополнительной информации о техническом состоянии корпуса, не входящей в объемы стандартных актов дефектации;
- 3) время эксплуатации судна после проведения предварительной дефектации, за которое судно могло приобрести дополнительные повреждения;

4) отсутствие технической возможности выявить некоторые дефекты до вскрытия смежных участков.

В целом по табл. 1 можно проследить следующую закономерность: при большем прогнозируемом объеме ремонтных работ дополнительно добавленные по факту работы больше в массовом отношении и, напротив, при небольших изначально прогнозируемых объемах ремонтных работ добавленные ремонтные работы не значительны по массе, но составляют большой процент от прогнозируемых.

Таблица 1

Увеличение массы заменяемого металла в сравнении с прогнозируемыми значениями

№ пр.	№ судна	Прогнозируемое значение, т.	Итоговое значение, т.	Разница, %	Разница, т
P32, P32A	1	25	34	36,0	9
	2	29	40	31,0	9
	3	31	39	25,8	8
	4	16	18	12,5	2
	5	25	33	32,0	8
1570	1	4,5	7,8	73,3	3,3
	2	6,9	8,7	26,1	1,8
	3	5,0	6,5	30,0	1,5
	4	4,5	7,1	57,7	2,6
	5	5,6	8,9	58,9	3,3
	6	3,4	5,4	58,8	2,0
	7	3,6	5,0	38,9	1,4
	8	4,5	5,6	24,4	1,1

Суда проектов P32 и P32A характеризуются большими массами заменяемого металла при сравнительно одинаковом возрасте с судами пр. 1570. Это объясняется во многом особенностями проекта, включая систему набора, толщины и особенности материалов, используемых для постройки. Исходя из этого важно отметить, что риск получения тех или иных дефектов характерен для конкретного типа судов при работе в конкретных условиях.

При выполнении прогнозирования, помимо отмеченного выше, важно учитывать и такой аспект, как субъективность оценки технического состояния элементов корпусных конструкций. В большинстве из рассмотренных случаев имеет место увеличение объемов ремонта за счет дополнительно добавленных Экспертами РРР при выполнении первого этапа очередного освидетельствования.

Учет труднопрогнозируемых дефектов при планировании ремонта корпусов судов. Риск возникновения тех или иных повреждений и разрушений корпусных конструкций определяется большим количеством условий. Вопрос их систематизации, классификации и учёта при прогнозировании является сложной научно-технической задачей. Тем не менее, при перспективном планировании судоремонта они, наряду с износами связей, должны приниматься во внимание в обязательном порядке.

Каждый из известных подходов к прогнозированию имеет свои пробелы при расчетах. Анализ номенклатуры труднопрогнозируемых дефектов, причин и факторов их появления показывает, что для выявления точной возможности их появления необходим учет огромного количества параметров, влияние которых необходимо определять экспериментально. Подобная работа потребует значительных временных затрат для ее полномасштабной реализации. Вместе с тем, вопрос повышения качества прогнозирования необходимо решать как в экономическом, так и в техническом плане уже сегодня с учётом сложившейся непростой ситуации. Осложняет возможность точного прогнозирования повреждений и то,

что их возникновение во многом зависит от конкретных условий эксплуатации и особенностей проекта. Таким образом, полномасштабное прогнозирование должно выполняться при прочих равных условиях для идентичных судов.

Анализ точности прогнозирования на примере судов пр. Р32, Р32А и 1570 показал, что прогнозирование при небольших предполагаемых объемах ремонтных работ (до 10 т) несет с собой риск увеличения при выполнении ремонта до 3 т, что не является критичным ни для одной из сторон. При прогнозных значениях замен более 25 т погрешность значительно возрастает и увеличение может составить 25-40% или порядка 10 т. Рост массы заменяемого металла объясняется получением судном новых дефектов после дефектации, отсутствием учета труднопрогнозируемых дефектов, а также выявляемой в процессе ремонта технологической необходимостью увеличения заменяемых участков. На основании этих данных для рассмотренных судов предлагается следующий порядок прогнозирования.

1. Анализ информации из предыдущих актов дефектации и сведений о ремонте, а также условий эксплуатации, повышающих риск появления повреждений и износов. На этом этапе необходимо сформировать представление об ожидаемом техническом состоянии корпуса с выявлением проблемных и предельно изношенных участков.

2. Предварительная дефектация на плаву с учетом полученных на первом этапе данных.

3. Анализ полученных при дефектации данных и дополнение их сведениями, полученными при реализации первого этапа.

4. Анализ опыта ремонта аналогичных судов с аналогичными условиями эксплуатации.

5. Формирование предварительного объема ремонтных работ, учитывающего выявленные дефекты и дополнение его надбавкой на труднопрогнозируемые. При этом нужно учитывать, что больший прогнозный объем ремонта способствует большему возрастанию итоговой заменяемой массы.

6. Анализ фактически выполненных объемов ремонта корпуса с учетом итоговой погрешности и ее происхождения для корректировки надбавок для предстоящих освидетельствований.

Последний этап важен непосредственно для судовладельца и может значительно повысить точность прогнозов для судов конкретной компании, особенно в условиях наличия нескольких судов одного проекта. Реализацию данного этапа целесообразно проводить с применением соответствующих информационных систем, основанных на разработанной ранее концепции «Электронного паспорта флота» [8].

Выводы. Анализ применяемых сегодня подходов к прогнозированию не обеспечивает должной точности результатов.

Происхождение погрешности при прогнозировании объясняется следующим:

- локализацией дефектов в недоступных для осмотра на плаву местах;
- отсутствием дополнительной информации о техническом состоянии корпуса, не входящей в объемы стандартных актов дефектации;
- временем эксплуатации судна после проведения предварительной дефектации за которое судно могло приобрести дополнительные повреждения;
- отсутствием технической возможности выявить некоторые дефекты до вскрытия смежных участков;
- характерными особенностями конкретного проекта судна;
- субъективностью оценки технического состояния корпусных конструкций;
- дополнительно закладываемыми объемами ремонтных работ по результатам рассмотрения материалов Экспертом РРР.

Для полномасштабного учета всех влияющих факторов необходим большой набор данных и необходимость полномасштабных экспериментальных исследований. На примере рассмотренных судов показано, что увеличение массы заменяемого металла вероятнее при больших объемах ремонтных работ. Выявлено, что при прогнозировании важно учитывать особенности конкретного проекта судна.

Сформулированный в данной работе подход к прогнозированию объемов ремонтных работ с учетом наличия труднопрогнозируемых дефектов должен способствовать уменьшению непредвиденного роста масс заменяемого металла и позволит повышать точность прогнозирования при последующих освидетельствованиях.

Список литературы:

1. Повышение эффективности технологической подготовки производства на судоремонтных предприятиях / И.Н. Хрусталева, С.А. Любомудров, Т.А. Ларионова, А. А. Толстолес // Научно-технические ведомости СПбГПУ. - 2019. - №3. С. 86 - 96.
2. Ершов Н.Ф. Повреждения и эксплуатационная прочность конструкций судов внутреннего плавания/ Н.Ф. Ершов, О.И. Свечников. – Л. : Судостроение, 1977. 312 с. : ил.
3. Ульянин Е.А. Коррозионностойкие стали и сплавы: Справочник / Е.А. Ульянин. – М.: Ме-таллургия, 1991. – 255 с.
4. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. Под ред. И.В. Семеновой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2010. – 416 с.
5. Барышников С.О. Способ расчёта надёжности корпусов судов и их элементов с учётом выполненных ремонтов и условий дальнейшей эксплуатации / С.О. Барышников, А.Б. Красюк, В.Б. Чистов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2020. – Т.12. – №1. – С.85-95. 2020. DOI: [10.21821/2309-5180-2020-12-1-85-95](https://doi.org/10.21821/2309-5180-2020-12-1-85-95).
6. Бимбереков П.А. Оценка надёжности судов в зависимости от применения методов ремонта судовых перекрытий / П.А. Бимбереков // Речной транспорт (XI век), №5, 2013. - С.83-88.
7. Ремонт речных судов: Справочник / Под ред. А.Ф. Видецкого. – М.: Транспорт, 1988. – 431 с.
8. Огнева В. В. Особенности технического документооборота судоходных компаний и судоремонтных предприятий / В.В. Огнева // Вестник ВГАВТ. - 2013. №35. - С. 83 - 89.

THE REASONS OF THE DIFFICULT-TO-PREDICT DEFECTS OCCURRENCE AND THEIR CONSIDERATION IN PLANNING OF THE SHIP HULLS REPAIRING VOLUME

Vera V.Kashina, Evgeney G.Burmistrov

Abstract. Considered the reasons for the appearance of defects in hull structures, and the main factors determining their occurrence. Characteristic damages of ships of projects №P32, P32A and vessels of project 1570 were revealed. The analysis of the accuracy of forecasting the volume of repair of hull structures for these vessels is carried out. The procedure for predicting the volume of repair of ship hulls is formulated, which makes it possible to increase the accuracy of preliminary calculations.

Keywords: hull structures defects, forecasting of repair volumes, hard-to-predict defects, causes of defects.