

## ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ОБЕЗЖИРИВАНИЯ, ОЧИСТКИ И ГРУНТОВАНИЯ КУЗОВА АВТОМОБИЛЕЙ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ МОДИФИКАЦИЕЙ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А. А. Шевцов, Уральский государственный университет путей сообщения ( 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66), e-mail: [alexrobotix@yandex.ru](mailto:alexrobotix@yandex.ru)

Е. Г. Филиппова, Уральский государственный университет путей сообщения ( 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66), e-mail: [FilippovaE1980@mail.ru](mailto:FilippovaE1980@mail.ru)

В повседневной жизни или на предприятии человек всегда испытывал необходимость в перемещении (транспортировке) различных жидких веществ, различной вязкости, плотности и химического состава.

В соответствии с ГОСТ 17389 – 72 классификация всех существующих устройств для перекачивания жидкости или газообразных веществ, т.е. насосов подразделена на виды и разновидности по различным признакам, которые могут включать в себя геометрические и физические параметры, принципы действия и области применения.

В данной статье будет рассмотрен лопастной центробежный насос компании *Wilo* модели *PSV – 1512D*, в качестве прототипа для конструирования нового, с учетом применения композиционных материалов. Согласно исследованиям в области материаловедения, самыми перспективными и эффективными материалами, как и в экологическом плане, так и в экономическом, являются именно полимерные композиционные материалы, которые в последнее время приобрели наибольшее распространение благодаря своей привлекательности.

Ключевые слова: объектно-ориентированное проектирование, композиционные материалы, метод конечных элементов, математическая модель.

## CONCERNING THE AUTOMATED PROCESS OF GREASE CLEANING, CLEANING AND PRIMING OF CAR BODIES WITH FURTHER MODIFICATION OF PUMP EQUIPMENT

A.A.Shevtsov, Ural state University of railway transport (620034, Yekaterinburg, Kolmogorova street, 66), e-mail: [alexrobotix@yandex.ru](mailto:alexrobotix@yandex.ru)

E.G.Filippova, Ural state University of railway transport (620034, Yekaterinburg, Kolmogorova street, 66), e-mail: [FilippovaE1980@mail.ru](mailto:FilippovaE1980@mail.ru)

During daily or plant's activities, people always need to transfer (transport) various liquid substances, various viscosity, density and chemical composition.

Under GOST 17389-72 (National Technical Standards), all existing units for conveying of liquid or gaseous substances, i.e. the pumps, are classified on the basis of various features; such features may include geometric and physical parameters, operating principles and field of application.

This article will consider an impeller-type centrifugal pump from Wilo model PSV - 15112D as a prototype to design a new one given the use of composite materials. According to the research in the field of material science, the most efficient materials in term of environmental and commercial aspects are polymer composite materials; they have become common through its practicability.

Keywords: object-oriented design, composite materials, finite element method, mathematical model.

Упрощенный алгоритм производства автомобилей компанией ОАО «АгромашХолдинг» состоит из 5 основных пунктов производства: после прибытия

соответствующих комплектующих автомобиля происходит сварка основных частей кузова в цехе сварки с помощью роботизированных комплексов. Затем кузов автомобиля транспортируют в лакокрасочный цех, где он проходит очистку и нанесение первого слоя грунтовки с последующей сушкой и проверкой в досмотровочной камере. Далее на кузов наносят краску и лак, после подготавливают к транспортировке в цех мелко-узловой сборки, где после необходимых сборочных процессов, собранный автомобиль выезжает своим ходом.

На этапе хранения соответствующих комплектующих на складе и после осуществления процесса сварки основных узлов, на кузове автомобиля остаются множество различных веществ, таких как: транспортировочное масло, шлаки, частицы, химические вещества после сварки, пыль и т.д. Данные вещества и частицы, согласно алгоритму производства автомобилей должны быть полностью удалены, т.к. они негативно влияют на процессы активации, фосфатирования и последующего грунтования кузова автомобиля, и могут привести к затрате времени и эксплуатационных средств на дополнительную обработку и исправлению различных дефектов.

Автоматизированный процесс очистки, обезжиривания и грунтования кузова автомобиля состоит из 13-ти этапов [1-2], каждый из которых сопоставляется номеру ванны (№1-13), алгоритм организации данного процесса следующий:

Этапы 1, 2, 3, 4 осуществляют промывку погружением и распылением с помощью форсунок для удаления различного рода загрязнений: частиц пыли, транспортировочных масел, сварочных шлаков, верхнего химического слоя на поверхности кузова. Обезжиривающая жидкость на данных процессах состоит преимущественно из щелочи. Концентрация щелочи в данных производственных этапах варьируется от 9 – 15 *pH*, что соответствует сильной щелочной среде. Давление жидкости на форсунках, которые участвуют в процессах №1 и №3 должно составлять 0.2 – 0.3 кг/см<sup>3</sup>, данное давление обеспечивается путем использования насосного оборудования. В ваннах под номерами №2 и №4 насосное оборудование осуществляет циркуляцию жидкости по малому кругу, т.е. создает поток жидкости внутри ванн для дополнительной промывки кузова и распределению температуры жидкости, которая должна составлять 50-60° С, капот кузова в данных процессах должен быть направлен против движения потока жидкости.

Этап 5 – активация с погружением. После обезжиривания и очистки, на кузов автомобиля необходимо нанести слой фосфата–цинка. Соответствующие комплектующие кузова автомобиля состоят из специальной стали с нанесенным на нее слоем цинка (оцинкованная сталь). Слой цинка составляет 6 – 7 микрон. В 5-ой ванне применяется активатор, который разрушает верхний химический слой цинка, с последующим

образованием особой кристаллической решётки для взращивания (образования) кристаллов фосфата – цинка.

Этап 6 – фосфатирование погружением. После образования кристаллической решетки следует осуществить наращивание кристаллов фосфата – цинка на кузове автомобиля.

Этап 7 – промывка распылением. Главной целью данного процесса является осуществление ликвидации (удаление) не нужных кристаллов фосфата-цинка.

Этапы № 8 и 9 – являются этапами промывки погружением, где применяется специальная деионизированная вода с нейтральной щелочно-кислотной средой *pH*. Индикатор щелочно-кислотного баланса определяется показателем, как нейтральная щелочно-кислотная среда, т.е. соответствует позиции 0.

Этап 10 – катафорез, нанесение первичного слоя грунтовки. Жидкость ванны № 10 состоит из токопроводящей смеси, которая называется пигмент – связующая и жидкой грунтовки (раствор – эмульсия). Сам пигмент заряжен положительно, а кузов автомобиля отрицательно. В ванне присутствуют 56 анодов (ячеек), из которых 8 расположены на дне ванны, остальные расположены непосредственно на стенах ванны. Аноды – это специальные токопроводящие стержни, на которые подаётся положительное напряжение (подводиться кабель «+»). На кузов автомобиля подаётся отрицательное напряжение (подводиться кабель « – » ). Рабочее напряжение, которое осуществляет процесс нанесения грунта на кузов составляет 380 вольт, с очень большой силой тока ( $1 \ll I$ ).

Этапы №11, 12, 13 – осуществляют промывку погружением и распылением ультрафильтратом. В ваннах №11 и № 12 применяется малый контур циркуляции жидкости, для того, чтобы при помощи направленного потока очистить от оставшихся химикатов кузов автомобиля.

Объем каждой ванны, которые применяются в автоматизированном процессе очистки, обезжиривания и грунтования кузова автомобиля составляет 65м<sup>3</sup>. И во всех этапах приведенного алгоритма очистки, обезжиривания и грунтования кузова автомобиля применяется насосное оборудование, для поддержания заданных давлений в форсунках или для осуществления циркуляции жидкостей в ваннах и, тем самым осуществляется перераспределение температуры жидкости. В таблице 1 указаны жидкости, в которых путем соблюдения определенных пропорций составляются смеси, участвующие в процессах очистки, обезжиривания, а также веществ составляющих основу для пигмент-связующего, активации и фосфотирования. Данные жидкости из таблицы 1 и их последующее описание были предоставлены предприятием ОАО «АгромашХолдинг». Также автоматизированный процесс обезжиривания, очистки и грунтования кузова автомобилей был исследован и

представлен в данной статье на практическом основании, путем наблюдения и участия автора статьи лично в изучении данного процесса.

Жидкости, из которых создают специальные растворы для различных целей применения, показаны в таблице 1.

Таблица 1

Химических элементы, используемые для создания растворов, с последующей эксплуатацией в этапах №1-13

Номер п/п	Химическое вещество	Марка
1	2	3
1	Обезжириватель	<i>NC Cleaner # 152 (A), NIPSEA Chemical, Henkel Bonderite, C – AK 7163 CF/5</i>
2	Обезжириватель	<i>NC Cleaner # 152 (B), NIPSEA Chemical, Henkel Bonderite, C – AD 1571/1</i>
3	Активатор	<i>Henkel Prepalene X</i>
4	Добавка к активатору	<i>Henkel Bonderite, M – AD 4977 B</i>
5	Фосфатный концентрат	<i>Surtdine SD – 25R NIPSEA Chemical, Henkel Bonderite M – ZN 958, R – TA/5</i>
6	Регулятор pH	<i>Primer # 40, NIPSEA Chemical, Henkel Bonderite M – AD 134</i>
7	Ускоритель нитрит натрия	<i>NaNO<sub>2</sub></i>
8	Азотная кислота	<i>HNO<sub>3</sub></i>
9	Эмульсия	<i>KT – 10LF Gray, Gray F – 2, KDK</i>
10	Паста	<i>KT – 10LF Gray, Gray F – 1, KDK</i>
11	Добавка	<i>Additive – A (кислота уксосная), KDK</i>
12	Регулятор pH	<i>Additive – B (Бутиленгликоль), KDK</i>
13	Уголь активированный	<i>Activated carbon, БАУ – А или ОУ – В</i>
14	Щелочь натриевая	<i>Sodium hydroxide, NaOH</i>
15	Коагулянт хлорид алюминия	<i>Poly Aluminium Chloride</i>
16	Флокулянт, добавка для детектирования токсических анионов	<i>Anion polymer</i>
17	Гексаметафосфат натрия	<i>Sodium hexametaphosphate</i>
18	Органическая добавка для связывания тяжелых металлов	<i>Organic detergent, EDTA Tetrasodium</i>
19	Детергенты (моющие вещества, очиститель) этидроновая кислота	<i>Mineral Detergent, Etidronic Acid</i>
20	Кислота серная (93 %)	<i>HCl</i>
21	Кислота соляная (35 %)	<i>Sulfuric acid, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>
22	Сульфат железа коагулянт	<i>Ferrous sulfate, FeSO<sub>4</sub></i>

23	Коагулянт краски	<i>P3 – CRONI 828 HK</i>
24	Флокулянт	<i>P3 – cronifloc 951</i>
25	Кальция гидроксид	<i>Calcium hydroxide, (Ca(OH)<sub>2</sub>)</i>

Во время исследования автоматизированного процесса обезжиривания, очистки и грунтования кузова автомобилей обнаружили патогенное воздействие данных веществ на насосное оборудование предприятия, данное патогенное воздействие выявляется в виде разрушения определенного типа, т.е. возникновение коррозий, трещин, повышение усталости металла.

Пример образования различного рода разрушений иллюстрируют рисунки 1 и 2.



Рис.1 Рабочее колесо (крыльчатка) насоса, покрытая коррозией.

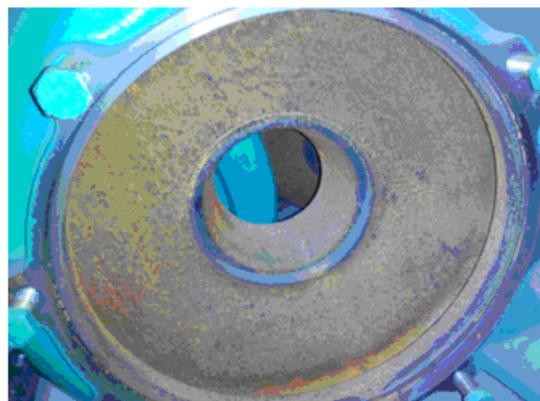


Рис.2 Корпус (улитка) насоса, покрытая коррозией.

На рисунках 1, 2 и 3 изображены рабочее колесо, корпус и патрубок насоса *PSV – 1512D*, материал из которого изготовлены данные детали обозначается, как *GC200* [8–9] (серый чугун). После эксплуатационного периода (3 - 4 года) детали узла изнашиваются, далее «старые» детали демонтируют, заменяя на «новые», с таким же материалом.



Рис.3 Патрубок насоса, покрытый коррозией

Таким образом, для повышения безопасности обслуживающего персонала, и уменьшение затрат на покупку нового насосного оборудования, необходимо изменить в конструкции насосного оборудования материал на более стойкий к агрессивной химической среде.

Согласно исследованиям в области материаловедения, самыми перспективными и эффективными материалами, как в экологическом плане, так и в экономическом, являются именно полимерные композиционные материалы, которые в последнее время приобрели наибольшее распространение благодаря своей привлекательности [6]. Иллюстрация данного факта представлена на рисунке 4.

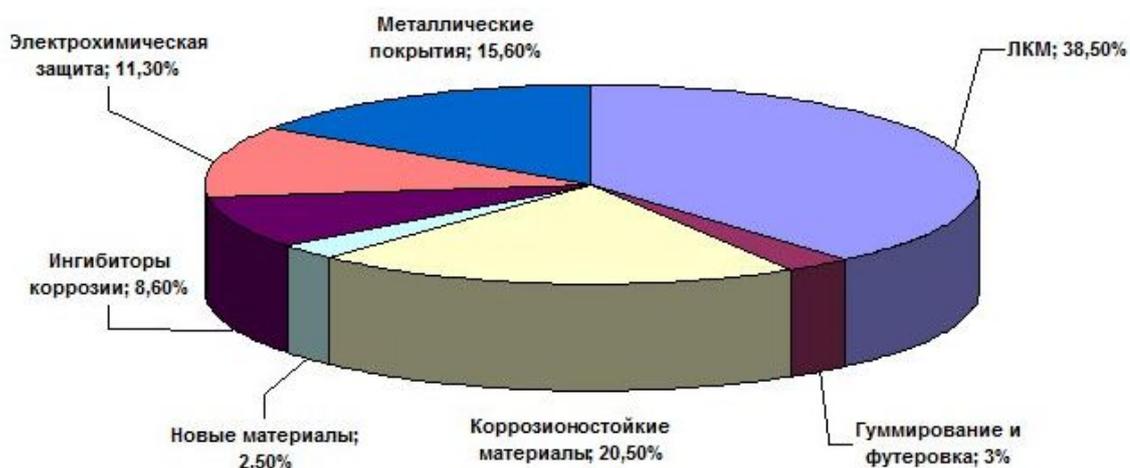


Рис. 4 Диаграмма методов защиты от коррозии

После проведения анализа используемых веществ в процессе обезжиривания, очистки и грунтования был сделан вывод о том, что лучше всего, для модификации рабочего колеса [5], использовать стеклопластик, а для решения вопроса с коррозией и разрушением патрубков и корпуса насоса целесообразно использовать фторопласт [5], для нанесения химически стойкого покрытия, по следующим причинам:

- 1) особые физико-механические свойства (низкий коэффициент трения)
- 2) высокая степень химической стойкости к агрессивным средам, как показано в табл. 2
- 3) относительная дешевизна
- 4) широкий температурный диапазон эксплуатации [5].

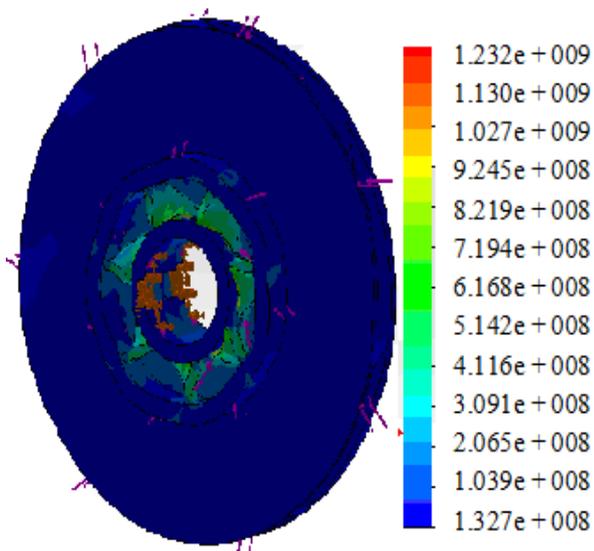
Таблица 2

Параметры химической стойкости фторопласта и стеклопластика [7]

№	Наименование	Максимальная концентрация для фторопласта, %	Максимальная концентрация для стеклопластика, %
1	Соляная кислота	Не ограниченная концентрация	Не ограниченная концентрация
2	Серная кислота	Не ограниченная концентрация	75
3	Азотная кислота	55	35
4	Смесь кислот: соляная и плавиковая	25/6 и 36/1	25/6 и 36/1
5	Фосфорная кислота	Не ограниченная концентрация	Не ограниченная концентрация

Для осуществления расчета на прочность модифицированного рабочего колеса, была применена объектно-ориентированная программа, созданная специально для проектирования, с последующим тестированием различных деталей узлов машин и механизмов, а именно – *SolidWorks*.

Решение осуществлялось с помощью математического метода конечных элементов.[3] Результат математического моделирования представлен рисунками 5 и 6.



Предел текучести  $2,397e + 008$

Рис. 5 Напряжения, возникающие при эксплуатации

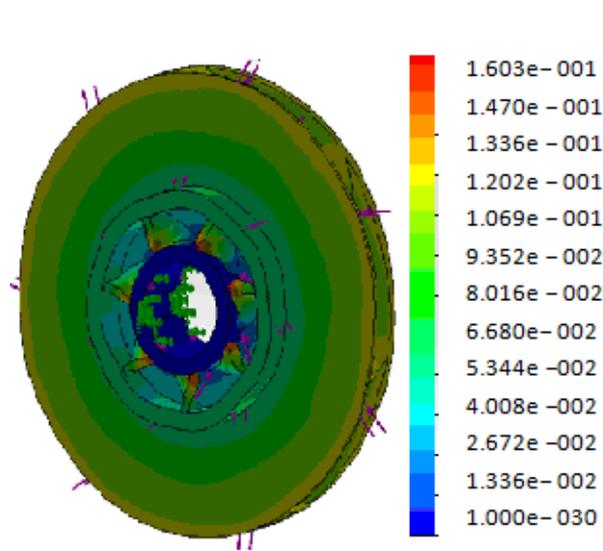


Рис. 4 Деформация, возникающая при эксплуатации детали

Согласно моделированию напряжений, максимально возможные напряжения во время эксплуатации находятся (согласно шкале, на рисунке обозначаются зеленым цветом) в пределах нормы, т.е. при поднятии жидкости на высоту 7 м над уровнем детали, можно сделать вывод о том, что максимальные напряжения составят всего 123 Мпа, а предел текучести данной детали составляет  $2.39e+008$ . Деформация составляет 0,016 мм, что согласно ГОСТ 16504-81 является допустимой нормой во время проведения испытаний и тестирования.

Благодаря применению композиционных материалов в элементах насоса *Wilo* модели *PSV – 1512D* в автоматизированном процессе обезжиривания, очистки и грунтования кузова автомобиля удалось существенно уменьшить вероятность возникновения простоя в работе предприятия, повысить экономию электроэнергии до 15-20%, улучшить ряд эксплуатационных показателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Готлиб Б. М. Введение в мехатронику: Учебное пособие в двух томах. Т. 2. Проектирование и применение мехатронных модулей и систем. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 302 с.
2. Таугер В. М. Основы конструирования мехатронных модулей и систем: Учебное пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2004. – 140 с.
3. Фокин В. Г. Метод конечных элементов в механике деформируемого твёрдого тела: Учеб. пособие / В.Г. Фокин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 131 с.: ил. ISBN 978-5-7964-1390-6
4. «О взаимосвязи и особенностях композиционных материалов». Авт. Холодников Ю.В., Альшиц Л.И. Журнал «Композитный мир» №2, 2009 г., стр. 34-37. Из-во ООО «Издательский дом « Мир Композитов», г. С-Петербург.
5. «Применение композиционных материалов в вентиляторах и насосах». Авт. Миняев Ю.Н., Холодников Ю.В., Князев А.Е. «Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности». Сб. трудов VI Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р.Кубачека. 2008 г. Екатеринбург, УГГУ.
6. Антикоррозионная защита оборудования химстойкими композитами [Электронный ресурс]. ООО СКБ «Мысль» [сайт]. URL: <http://www.sdo-mysl.ru/?m=notes&p=8> (дата обращения: 22.07.2017)
7. Сравнительная характеристика свойств стеклопластика, стали и алюминиевых сплавов [Электронный ресурс]. URL: [https://plsfera.ru/images/brochures/technical\\_characteristics\\_of\\_fiberglass.pdf](https://plsfera.ru/images/brochures/technical_characteristics_of_fiberglass.pdf) (дата обращения: 22.07.2017)
8. Material Comparison [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rolfinc.com/Material%20Comparison.pdf> (дата обращения: 22.07.2017)
9. Total Materia [Электронный ресурс]. URL: [http://www.totalmateria.com/TM\\_material\\_details.aspx?LN=EN&id1=1330565](http://www.totalmateria.com/TM_material_details.aspx?LN=EN&id1=1330565) (дата обращения: 22.07.2017)

