

2. Для рядов, для которых идентифицирована принадлежность к нормальному распределению определяется доверительный интервал на уровне статистической значимости  $P < 0,05$ . Для других распределений в качестве доверительного интервала используется универсальное правило «2 сигм». (При малом объеме выборок – менее 20 элементов обучающего множества – согласно [4] рекомендуется применять правило «2.5\*сигм»).

$$K2 = \begin{cases} 1 - d, & \text{если } d = \left( \frac{M_i + m_i - M_j + m_j}{M_j + m_j - M_i + m_i} \right) \leq 0,5, M_i + m_i \geq M_j - m_j, M_i \leq M_j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (5)$$

$$K3 = \begin{cases} 1 - b, & \text{если } b = \left( \frac{\min_j - \max_i}{\max_j - \min_i} \right) \leq 0,5, M_i \leq M_j, \max_i \geq \min_j, i \neq j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (6)$$

Где индексы – «номера» сравниваемых классов состояний.

4. По вычисленным значениям указанных показателей вычисляется коэффициент уверенности  $\hat{E}_u$  (лежит в интервале [0,1]):

$$\hat{E}_u = \hat{E}1 + \hat{E}2 + \hat{E}3 - \hat{E}1 * \hat{E}2 - \hat{E}1 * \hat{E}3 - \hat{E}3 * \hat{E}2 + \hat{E}1 * \hat{E}2 * \hat{E}3 \quad (7)$$

По полученным значениям делается заключение о том, что уверенность в статистически значимой различимости множеств для решения классификационных задач лежит в интервале:  $\hat{E}0 \in [\min(K1, K2, K3), K_u]$

#### ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Байгильдин Д.Ю.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный аграрный университет»*

Проблемы обеспечения надежности машин являются в нынешнее время очень актуальной, поскольку старение парка машин опережает темпы необходимого технического перевооружения. В нашей стране большое внимание уделяется на повышение технического уровня техники путем ее модернизации при техническом сервисе. Из представленных ГОСНИТИ данных следует, что модернизируемая техника имеет, перед новой, преимущества по цене, а в некоторых случаях и по надежности. Значит проведение модернизации машин позволит получить экономический эффект в сотни миллионов рублей, а также увеличит срок службы техники. Анализ информационных материалов показывает, что за рубежом прослеживается тенденция модернизации техники, бывшей в эксплуатации. Полная модернизация устаревшей техники широко практикуется на ряде ремонтных предприятий Америки. Быстрый рост цен на природные ресурсы и их истощение, а также принятие законов по охране окружающей среды будут способствовать дальнейшему росту числа компаний, которые будут заниматься модернизацией изношенной техники.

Анализ направлений модернизации техники в России и за рубежом, опрос экспертов и мнений ученых и специалистов показывают, что наиболее перспективными из них являются повышение производительности машин, их надежности, экономичности и комфортности обслуживания.

3. Определяются значения следующих трех показателей по формулам:

$$\hat{E}1 = \begin{cases} 1 - \delta, & \text{если } \delta \leq 0,5 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

где  $p$  – вероятность ошибки первого рода.

#### Список литературы

1. Клошкин Д.А., Петунин Д.И. Доказательная медицина. Применение статистических методов. Из-во Диалектика, Вильяне, 2008. – С. 320.
2. Дьяконов В.П. Mathcad 8-12 для всех. Из-во Солон-Пресс, 2005. – С. 632.
3. Статистические методы анализа и принятия решений / Л.Н.Борисоглебская, И.Г.Уразбахтин, Курск, КГТИ, 1999. – С. 78.
4. Гусаров В.М., Проява С.М. Общая теория статистики. Из-во: Юнити-Дана, 2008. – С.

Чтобы повысить надежность модернизируемых машин нужно использовать более совершенные материалы. Большие возможности повышения ресурса восстановленных деталей при модернизации сельскохозяйственной техники открывают технологии нанесения упрочняющих покрытий, в том числе композиционных, которые обеспечивают при ремонте повышение долговечности отдельных сборочных единиц и машин в целом.

Композиционные материалы (композиты) – это многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д. Сочетание этих разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Многие композиты превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик. В ремонтных, восстановительных работах, а так же во всех производственных отраслях композиционные материалы приобрели широкое распространение и занимают одно из лидирующих мест в составе конструкций технических объектов.

В производстве и применении композиционных материалов преуспели зарубежные производители. Практически для любых восстановительных работ имеется композиты на основе полимерных материалов, которые ориентированы на конкретный вид восстановительных и ремонтных работ. В данной статье речь пойдет о свойствах различных металлополимеров, спектр применения и их специфика.

Металлополимерные ремонтные материалы.

Металлополимеры – это двухкомпонентные полимерные материалы, наполненные мелкодисперсными металлическими или минеральными порошками.

Металлополимеры предназначены для ремонта в стационарных условиях деталей машин и оборудования, успешно применяются для соединения разнородных материалов. В ремонтном производстве рекомендуются для устранения дефектов корпусных деталей или брака литья (пористости, раковин), а так же для восстановления посадочных мест на валу и корпуса агрегата, восстановления резьбовых, шпоночных, фланцевых и шлицевых соединений, восстановления валов в подшипниковых соединениях. Использование металлополимеров позволяет заменить традиционные методы соединения (сварку, пайку, клепку) «холодной сваркой» основными достоинствами которой является: высокая технологичность и простота приготовления смеси, проведение срочного ремонта в течении короткого времени, выполнения ремонта в полевых условиях без применения специальной оснастки и инструмента.

В отечественном производстве успешно применяются металлополимеры группы «Реком». Приведем характеристики материалов [1]:

1. Предел прочности при сдвиге по стыку со сталью – не менее 20 МПа при фактическом значении 25 МПа.

2. Предел прочности при сжатии не менее 100 МПа при фактическом значении 135 МПа.

3. Предел прочности при изгибе – 70 МПа.

4. Предел прочности при растяжении – 30 МПа.

5. Рабочая температура – 150 °С.

6. Коэффициент трения в масле – 0,06.

Одна из зарубежных фирм, выпускающих металлополимерные композиции и анаэробные клеи – польская компания «Chester Molecular». Эти металлополимеры обладают следующими преимуществами:

- высокая термостойкость;
- высокая адгезия к стали, чугунам, цветным металлам, стеклу, древесине, бетону и пластмассам;
- высокая стойкость против давления и вибрациям;
- стойкостью против коррозии, кавитационного износа.

Вышеперечисленные свойства обеспечивают надежность соединений и высокое качество ремонта изделий [1].

Основные физико-технические характеристики материалов «Chester Molecular»:

1. Прочность на сжатие – 120...150 МПа.

2. Прочность на изгиб – 90...110 МПа.

3. Прочность на сдвиг (сталь по стали) – 20...25 МПа.

4. Рабочая температура -50...+175 °С.

5. Твердость по Роквеллу – 85...115 НВ.

Ремонтные композиционные материалы фирмы «UNIPER».

Композиционные материалы германской фирмы «UNIPER» представляют собой двухкомпонентные смеси (пастообразные или жидкие), состоящие из полимерной матрицы с наполнителем и отвердителя. В качестве наполнителя применяются металлические порошки и керамика. Для всех данных материалов характерна высокая адгезия и отсутствие усадки. Они не обладают электропроводностью и являются не магнитными. Механические характеристики большинства композиционных материалов стабильны до 232 °С в сухой среде и до 100 °С во влажной среде.

Основные физико-технические характеристики материалов «UNIPER»:[3]

Предел прочности на срез – 13 МПа.

Предел прочности при растяжении – 40 МПа.

Предел прочности при сжатии – 55 МПа.

Твердость по Роквеллу - 100 НВ.

Композиционные материалы фирмы «UNIPER» рекомендуются для ремонта корпусных деталей их различных материалов и сплавов, восстановления изношенных поверхностей, так же применяются в качестве антикоррозионных и износостойких покрытий.

Ниже приведем краткую характеристику ремонтных материалов фирмы «UNIPER».

UNIPER 3 (суперметалл). Поставляется в пастообразном состоянии. Этот композиционный материал рекомендуется применять для капитального ремонта машин и механизмов, вышедших из строя из-за поломки или износа значительного количества деталей. Применяется для устранения дефектов литья, для восстановления изношенных шеек валов, разбитых шпоночных седел, гнезд подшипников, крышек моторов, для заделки задиров на поршнях и стенках цилиндров. Чтобы повысить прочность и температуростойкость применяется армирующая ткань. Материал обладает высокой адгезией при нанесении его на поверхности деталей из черных и цветных сплавов. Сохраняет свои прочностные свойства на срез и отрыв при температурах не выше 250 °С. Через 3 часа после затвердевания деталь можно подвергать механической обработке.

UNIPER 11. Поставляется в жидком состоянии. На рабочую поверхность композиционный материал наносится специальным распылителем или кистью. При затвердевании образуется очень гладкая и глянцевая поверхность. Металлополимер обладает хорошей адгезией и имеет высокую температуростойкость.

UNIPER 12 (керамический С-металл). Поставляется в жидком состоянии. Этот металлополимер в своем составе содержит металлический порошок, а так же керамические частицы. Применяется в качестве защитного износостойкого покрытия на трущихся поверхностях. Имеет высокую стойкость к кислотам и щелочам. За счет специальной термической обработке материал устойчив к коррозии и кавитации. Затвердевает в течении 8 часов, после чего восстановленную поверхность можно подвергать механической обработке: фрезерованию, точению, расточке, шлифованию.

UNIPER 19 (керамический карбид). Поставляется в пастообразном состоянии. Металлополимер используется для восстановления камер и клапанов насосов эксплуатируемых при перекачке жидкостей с высоким содержанием сыпучих материалов. Обладает очень высокой износостойкостью, устойчив к воздействию кислот, щелочей и солевых растворов. Восстановленная поверхность после затвердевания механической обработке не поддается.

UNIPER 5. По своему назначению аналогична суперметаллу UNIPER 3. Широко используется при капитальном ремонте различного оборудования, для устранения дефектов отливок из различных сплавов и др. В отличие от суперметалла обладает хорошей электропроводностью, что позволяет применять ее для восстановления токопроводящих деталей.

Металлополимеры фирмы «BELZONA».

Полимерные композиционные материалы американской фирмы «BELZONA» в России успешно применяется для ремонта и восстановления деталей машин и оборудования. Они представляют собой двухкомпонентную смесь, наполнителем служит металлический порошок, в который дополнительно вводится тонкодисперсная керамика. Композиционные материалы фирмы «BELZONA» применяют при

ремонте корпусных деталей, для восстановления изношенных трущихся поверхностей, заделки трещин, для устранения дефектов литья, а так же в качестве защитного покрытия от коррозии в высокотемпературной среде.

Основные физико-технические характеристики металлополимеров BELZONA приведены ниже:

Предел прочности при сжатии – 100 МПа.

Адгезионная прочность – 20 МПа.

Предел прочности на срез соединений металлополимера:

- со сталью 18,9 МПа;
- с алюминием 11,4 МПа;
- с латунью 11,7 МПа;
- с медью 11,9 МПа.

4. Твердость по Роквеллу – 80...100 НВ.

Усадка материалов после нанесения на поверхность практически отсутствует, устойчивость к коррозии очень высокая, так же обработанная металлополимерами поверхность демонстрирует отличную устойчивость к различным химикатам: углекислоте, 10 % - ным соляным, серной и азотным кислотам, минеральным маслам, неорганическим солям.

Краткая характеристика композиционных материалов фирмы «BELZONA». [2]

Суперметалл (1111) – универсальное средство для всех ремонтов. Рабочее состояние до 20 мин. При 20 °С. Через 2 часа может подвергаться любой механической обработке. Используется при ремонте корпусных чугунных деталей, для устранения дефектов литья, восстановления изношенных валов, гнезд под-

шипников, шпоночных канавок, задигов на штоках и поршнях гидроцилиндров. Суперметалл обладает исключительной адгезией к черным и цветным металлам, их сплавам и неметаллам.

Супер XL – металл (1121) – применяется аналогично использованию металлополимера суперметалл (1111), но с более продолжительным временем рабочего состояния. Жизнеспособность при 20 °С достигает 40 минут. Широко применяется для ремонта крупногабаритных деталей.

Антифрикционный металл (1131) – этот композит обладает смазывающим свойством, имеет очень низкий коэффициент трения и рекомендуется для восстановления изношенных трущихся рабочих поверхностей скольжения подшипников, направляющих из баббита, бронзы, латуни и меди. При отверждении имеет пористую структуру удерживающая смазку.

Керамический С-металл (1321) – используется как конструкционный материал для восстановления посадочных мест на валах и в гнездах подшипников с износом до 0,2 мм. После отверждения обрабатывается только алмазным или высокооборотным абразивным инструментом. Применяется в сочетании с 1111 и 1311 как устойчивый материал к воздействию химикатов, абразивов, эрозии, кавитации. Так же используется как защитное покрытие от влияния химических реактивов. Износостойкость и устойчивость к кавитации повышается после специальной термической обработки и нанесения более трех слоев.

Показатели металлополимеров BELZONA приведены в таблице 1. [2]

Показатель	Значение показателей			
	Металл			Металлокерамика
	1111	1121	1131	1321
Предел прочности на сжатие, МПа	91	87	75	91
Адгезионная прочность, МПа.	189	196	196	210
Время отверждения, мин	20	40	15	35
Максимальная температура сухой поверхности	200	175	232	200

Появление новых материалов постепенно расширяет круг возможностей ремонтных металлополимеров. Это касается в первую очередь устойчивости к повышенным температурам, химическим средам, абразивным средам. Знание специалистами этих возможностей и обучение методам ремонта позволит лучше решать эксплуатационные задачи, а так же сэкономить значительные суммы денег.

#### Список литературы

1. Журнал «Ремонт, Восстановление, Модернизация» № 1, 2004г. Абакумов Ю.Ф. Металлополимерные ремонтные материалы, свойства и области применения.
2. Журнал «Ремонт, Восстановление, Модернизация» № 8, 2004г. Абакумов Ю.Ф. Металлополимерные ремонтные материалы, свойства и области применения.
3. Журнал «Ремонт, Восстановление, Модернизация» № 4, 2005г. Гаджиев А.А. Агуреев А.А. Выбор эпоксидной композиции для восстановления посадочных мест под подшипники корпусных деталей.

#### ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ ПО УРАВНЕНИЯМ ЭЙЛЕРА В СРЕДЕ MATLAB И MATHCAD

Белочкин П.Е., Кацай Д.А.

Южно-Уральский государственный университет,  
Челябинск, Россия

В статье рассмотрено моделирование алгоритма бесплатформенной системы ориентации по уравнениям Эйлера-Крылова в средах Matlab и Mathcad. Проанализировано влияние оператора дифференцирования на точность восстановления углов ориентации. Получена численная оценка ошибки моделирования при использовании операции прямого численного дифференцирования. Показано отсутствие ошибки моделирования алгоритма ориентации в случае применения процедуры символьного дифференцирования.

The paper considers the modeling algorithm strapdown system orientation Euler-Krylov in Matlab and Mathcad. Analyzed the impact of the differentiation