

УДК 004.942

С.А. Нестеренко, д-р техн. наук, Д.А. Пурич, канд. техн. наук,
Ан. А. Становский, Д.А. Монова, Одесса, Украина

САПР РЕИНЖИНИРИНГА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Експлуатація ремонтпригодних механічних систем призводить до накопичення пошкоджень в них і, як наслідок, до необхідності діагностики їхнього поточного стану і виконання ремонтних робіт. Якщо звичайний ремонт шляхом заміни вузлів і деталей, які вийшли з ладу, на аналогічні неможливий, то виникає проблема проектування деталей і технології реінжинірингу, – ремонту з використанням вузлів і деталей, не передбачених базовим проектом системи. Запропоновано САПР реінжинірингу складних технічних систем «REPRES». Випробування САПР «REPRES» пройшли на автомобільному підприємстві з позитивним техніко-економічним ефектом.

Эксплуатация ремонтпригодных механических систем приводит к накоплению повреждений в них и, как следствие, к необходимости диагностики их текущего состояния и выполнению ремонтных работ. Если «обычный» ремонт путем замены вышедших из строя узлов и деталей на аналогичные невозможен, то возникает проблема проектирования деталей и технологии для реинжиниринга, – ремонта с использованием узлов и деталей, не предусмотренных базовым проектом системы. Предложена САПР реинжиниринга сложных технических систем «REPRES». Испытания САПР «REPRES» прошли на автомобильном предприятии с положительным технико-экономическим эффектом.

The operation of maintainable mechanical systems leads to accumulation of damages to them and, as a result, to need of their current state diagnostics and performance of repair work. If "usual" repair by replacement of the failed knots and details by the similar is impossible, there is a problem of details and technology for reengineering design, – repair with use of the knots and details which aren't provided by the basic project of system. CAD of difficult technical reengineering «REPRES» systems is offered. The tests of SAPR «REPRES» were passed at the automobile enterprise with positive technical and economic effect.

Любые ремонтпригодные системы, которые находятся в эксплуатации, на определенном этапе их жизненного цикла требуют восстановления элементов и соединяющих их связей, утративших работоспособность. Для проектирования работ и оборудования, необходимых для такого восстановления, проектировщик, в свою очередь, нуждается в адекватной оценке текущего состояния объекта, работоспособности всех его узлов и связей между ними.

К сожалению, многие ответственные объекты современного производства, энергетики, транспорта и пр., которые могут быть представлены в виде сложной системы с нагруженным резервированием (ССНР), частично недоступны для их непосредственного мониторинга, а

значит, и для анализа в рамках проектирования, обязательно предшествующего восстановлению.

Примерами таких объектов могут служить недоступный по каким-либо причинам измерительный комплекс системы контроля параметров АЭС, расположенный в опасной радиоактивной зоне, часть гидравлической сети морского очистного комплекса, погруженная в воду, часть здания или сооружения, находящаяся в земле, недоступные части электрооборудования транспортного средства во время его движения и многое другое.

Задача еще больше усложняется, если объект содержит части, недоступные не только для мониторинга, но и для ремонта. В этом случае приходится производить ремонтные работы только на доступной части, стараясь сохранить при этом работоспособность объекта в целом. Если же дополнительным ограничением является необходимость выполнять такой ремонт без остановки, «на ходу», то проблема сводится к автоматизированному комбинированному проектированию технологии (САПР-Т) и оборудования (САПР-К) для реинжиниринга – деятельности по модернизации ранее реализованных технических решений на действующем объекте.

Для реинжиниринга нужны не только готовые запасные узлы, стандартный инструмент и приспособления (ЗИП), но и некоторые новые, раньше не проектированные, детали и узлы объекта. Для создания таких элементов и технологии реинжиниринга необходима новая комбинированная система их проектирования.

С учетом потребности в сокращении сроков простоя ремонтируемого «в движении» объекта для решения таких задач трудно обойтись без соответствующей САПР реинжиниринга, работающей в он-лайн режиме. В основе такой САПР лежит, прежде всего, моделирование и анализ текущего состояния объекта, которые бывают достаточно затрудненными, если по условиям работы последнего он частично недоступен для мониторинга, т.е. состояние, целостность и повреждения его структуры не могут быть определены непосредственно. Обработка же косвенных сигналов представляет собой сложную и нетривиальную задачу в САПР реинжиниринга.

Поэтому проблема разработки предназначенных для комбинированных САПР реинжиниринга частично недоступных для мониторинга и ремонта ССНР методов проектирования, а также поддержки принятия решений в САПР, основанные на моделях, позволяющие извлекать информацию о состоянии объекта при неполных данных о нем, является весьма **актуальной**.

Целью работы является снижение времени, затрачиваемого на отдельных этапах автоматизированного проектирования технологии и оборудования для реинжиниринга ССНР, и повышение эксплуатационной надежности объектов в период эксплуатации после реинжиниринга путем разработки и внедрения автоматизированной системы поддержки принятия решений, основанной на методе дистанционного моделирования и анализа

частично недоступных мониторингу и ремонту сложных систем.

Для достижения этой цели в работе были решены следующие **задачи**:

- предложен метод моделирования и анализа в САПР структуры частично недоступных для мониторинга ССНР с помощью информационных морфологических моделей (ИММ);
- создана комбинированная САПР реинжиниринга частично недоступных для мониторинга ССНР «REPRES»;
- выполнена практическая оценка метода при производственных испытаниях САПР «REPRES» на предприятии автомобильного транспорта с положительным технико-экономическим эффектом.

Методы и модели, предложенные в настоящей работе, позволили разработать и реализовать пакет прикладных программ, объединенных в САПР «REPRES» [1].

Общая схема системы автоматизированного проектирования реинжиниринга сложных технических систем САПР «REPRES» приведена на рис. 1. Она состоит из блоков исходного проекта объекта и технологии его изготовления, моделирования и анализа (блок, созданный в настоящей работе), принятия решения о текущем состоянии скрытой части объекта, блока подготовки данных, а также, собственно, САПР-К и САПР-Т реинжиниринга доступной части объекта [2-4].

В основе САПР – главная идея реинжиниринга систем, содержащих недоступные для простого ремонта части: восстановление работоспособного состояния объекта осуществляется не путем воссоздания его первоначальной, предусмотренной исходным проектом конфигурации, а за счет изменения конструкции (и, естественно, проекта!) доступной части [5, 6, 7, 8].

Между объектом и организацией, в которой размещается отдел САПР реинжиниринга должны существовать устройства телеметрии: линии связи (проводные, беспроводные или гетерогенные), которые сами по себе представляют собой сложную сетевую структуру с частично недоступной (например, примыкающей к отдаленному объекту) частью, и существенно влияющие на результаты работы всех блоков САПР.

Производственные испытания САПР «REPRES» на автомобильном предприятии

В техническом отделе ООО «КрАЗ-Сервис Корпорейшин» (г. Одесса) были проведены испытания разработанной в ОНПУ системы автоматизированного проектирования реинжиниринга сложных технических систем – САПР «REPRES».

В качестве объекта проектирования использовалось электрооборудование автомобиля КрАЗ-65055 (рис. 2). В качестве объекта проектирования использовалось электрооборудование автомобиля КрАЗ-65055. На стенде была смоделирована следующая ситуация.

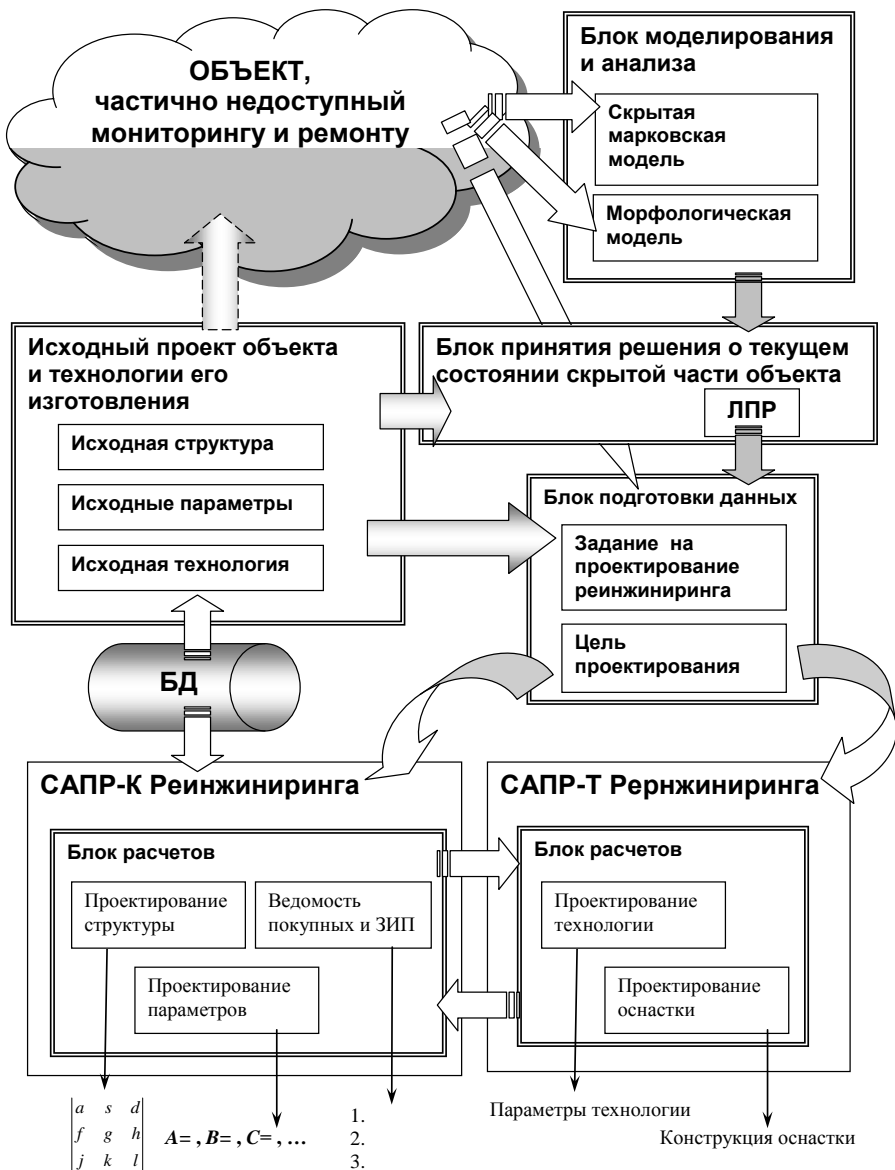


Рисунок 1 – Структура САПР реинжиниринга сложных технических систем «REPRES»

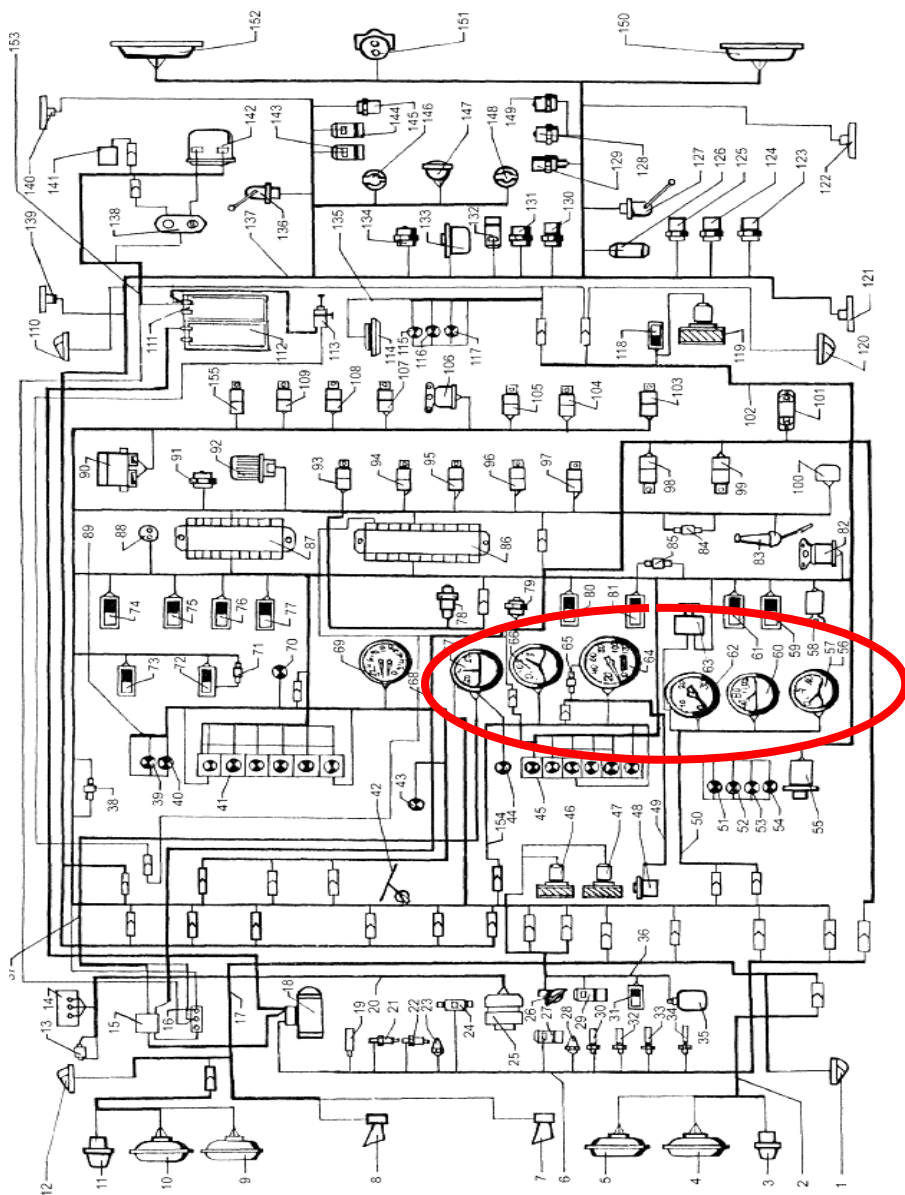


Рисунок 2 – Отказ пяти элементов «Реле электромуфты вентилятора»

Во время движения автомобиля КрАЗ-65055 в сложных погодных условиях (минус 25 °С) и вдали от ближайших населенных пунктов обнаружился перегрев системы охлаждения двигателя. С помощью системы телеметрии бортовой компьютер автомобиля связался с САПР реинжиниринга частично недоступных мониторингу систем, находящуюся у официального дилера в центре «КАМАЗ»).

Результат: выявлен предположительный отказ пяти элементов «Реле электромуфты вентилятора» (рис. 2) и рекомендован реинжиниринг в виде подключения параллельно этим элементам обычных выключателей, установленных в кабине. Такие выключатели есть в ЗИПе машины и их установка в соответствии с новым проектом реинжиниринга оказалась доступной для экипажа в условиях поездки. После замены дальнейший путь был продолжен без происшествий.

В результате испытания установлено, что использование САПР «REPRES» позволило уменьшить срок проектирования технологии и оснастки для осуществления в эксплуатации реинжиниринга электрооборудования автомобиля КрАЗ-65055 на 28 % и увеличить пробег автомобиля до следующего реинжиниринга на 16 %.

Список использованных источников: 1. *Нестеренко С.А.* Структурная диагностика частично недоступных мониторингу нефтегазовых объектов / *С.А. Нестеренко, Д.А. Пурич, А.А. Становский* / Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії – 2012: мат. міжнар. наук.-прак. конф. – Івано-Франківськ, (5-7 листопада). – 2012. – С. 181-183. 2. *Становский А.Л.* Модель процесса перевозки сыпучих продуктов с памятью / *А.Л. Становский, И.Н. Гурьев, Д.А. Пурич* // Моделирование в прикладных научных исследованиях: сб. матер. XVIII семинара. – Одесса: ОНПУ, (17-18 марта). – 2010. – С. 21-22. 3. *Тонконогий В.М.* Оптимизация параллельной обработки в САПР / *В.М. Тонконогий, А.А. Перпери, Д.А. Пурич* // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: матер. междунар. научно-техн. конф. – Севастополь: СевНТУ, (5 – 9 вересня). – 2011. – С. 268-269. 4. *Бибик Т.В.* САПР систем защиты атомных электростанций «КАТАSTOP» / *Т.В. Бирик, Д.А. Пурич, И.Н. Гурьев* // Моделирование в прикладных научных исследованиях: сб. матер. XIX семинара. – Одесса: ОНПУ, (1-2 марта). – 2011. – С. 41-42. 5. *Савельева О.С.* Структурна оптимізація систем дистанційної автоматики / *О. С. Савельева, Д. О. Пурич, А.А. Коряченко* // Информационные технологии и автоматизация – 2009: сб. докладов Всеукр. научно-практ. конф. – Одесса: ОНАПТ, (15-16 октября). – 2009. – С. 82-83. 6. *Савельева О.С.* Автоматизированное проектирование структуры сложных объектов после восстановления / *О.С. Савельева, Д.А. Пурич, А.А. Становский* // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: зб. наук. праць. – Одеса: АО Бахва. – 2013 – Вип. 1 (2). – С. 161 – 167. 7. *Пурич Д.А.* Оценка сетевой надежности при структурном проектировании сложных технических систем / *Д.А. Пурич, О.С. Савельева, А.В. Малый* // Моделирование в прикладных научных исследованиях: сб. матер. XVIII семинара. – Одесса: ОНПУ, (17-18 марта). – 2010. – С. 9-12. 8. *Нестеренко С.А.* САПР ремонта и восстановления сетевых структур / *С.А. Нестеренко, Д.А. Пурич, А.А. Становский* // Моделирование в прикладных научных исследованиях: сб. матер. XXI семинара. – Одесса: ОНПУ, (22-23 января). – 2013. – С. 3-5.

Bibliography (transliterated): 1. *Nesterenko S.A.* Strukturnaja diagnostika chastichno nedostupnyh monitoringu neftegazovyh ob#ektov / *S.A. Nesterenko, D.A. Purich, A.A. Stanovskij* / Tehnika i progresivni tehnologii u naftogazovij inzhenerii – 2012: mat. mizhnar. nauk.-prak. конф. – Ivano-Frankivs'k, (5-7 listopada). – 2012. – S. 181-183. 2. *Stanovskij A.L.* Model' processa perevozki

sypuchih produktov s pamjat'ju / A.L. Stanovskij, I.N. Gur'ev, D.A. Purich / Modelirovanie v prikladnyh nauchnyh issledovanijah: sb. mater. HVIII seminar. – Odessa: ONPU, (17-18 marta). – 2010. – S. 21-22. 3. Tonkonogij V.M. Optimizacija parallel'noj obrabotki v SAPR / V.M. Tonkonogij, A.A. Perperi, D.A. Purich // Avtomatizacija: problemy, idei, reshenija: mater. mezhdunar. nauchno-tehn. konf. – Sevastopol': SevNTU, (5 – 9 veresnja). – 2011. – S. 268-269. 4. Bibik T.V. SAPR sistem zashhity atomnyh jelektrostantsij «KATASTOP» / T.V. Bibik, D.A. Purich, I.N. Gur'ev // Modelirovanie v prikladnyh nauchnyh issledovanijah: sb. mater. XIX seminar. – Odessa: ONPU, (1-2 marta). – 2011. – S. 41-42. 5. Savel'eva O.S. Strukturna optimizacija sistem distancijnoi avtomatiki / O. S. Savel'eva, D. O. Purich, A.A. Korjachenko // Informacionnye tehnologii i avtomatizacija – 2009: sb. dokladov Vseukr. nauchno-prakt. konf. – Odesa: ONAPT, (15-16 oktjabrja). – 2009. – S. 82-83. 6. Savel'eva O.S. Avtomatizirovanoe proektirovanie struktury slozhnyh ob#ektov posle vosstanovlenija / O.S. Savel'eva, D.A. Purich, A.A. Stanovskij // Informacijni tehnologii v osviti, nauci ta virobnictvi: zb. nauk. prac'. – Odesa: AO Bahva. – 2013 – Vip. 1 (2). – S. 161 – 167. 7. Purich D.A. Ocenka setevoy nadezhnosti pri strukturnom proektirovanii slozhnyh tehniceskikh sistem / D.A. Purich, O.S. Savel'eva, A.V. Malyj // Modelirovanie v prikladnyh nauchnyh issledovanijah: sb. mater. HVIII seminar. – Odessa: ONPU, (17-18 marta). – 2010. – S. 9-12. 8. Nesterenko S.A. SAPR remonta i vosstanovlenija setevykh struktur / S.A. Nesterenko, D.A. Purich, An.A. Stanovskij // Modelirovanie v prikladnyh nauchnyh issledovanijah: sb. mater. HHI seminar. – Odessa: ONPU, (22-23 janvarja). – 2013. – S. 3-5.