

наукових проєктів та сформована модель експертної системи, представлена в нотації програмного комплексу «Мала експертна система». Модель експертної системи перевірено на адекватність. Подальші дослідження в даному напрямку можуть бути направлені на автоматизацію процесу збору статистичних даних, розробку додаткових питань, надання відповідей на які приведе к більш точній оцінці ймовірності затвердження проєктів.

Список літератури: 1. *Васенкова, Е.И.* Сравнительный анализ эффективности научных проектов [Электронный ресурс] / *Е.И. Васенкова, Г.М. Казляк* // материалы XX международной научно-практической конференции [Управление в социальных и экономических системах], (20 мая 2011 г., г. Минск) / Минский ин-т управления. – Минск., 2009. – Режим доступа: <http://elibrary.miu.by/conferences/item.uses/issue.xx/article.61.html> 2. *Новиков Д.А.* Модели и механизмы управления научными проектами в вузах [Текст] / *Д.А. Новиков, А.Л. Суханов*. – М. : Институт управления образованием РАО, 2005. – 80 с. 3. Ретроспективный анализ результативности научных проектов [Электронный ресурс] / *Алексей Петровский, Григорий Ройзензон, Александр Бальшев, Игорь Тихонов* [и др.] // International Journal "Information Models and Analyses". – 2012. – Vol.1. – С. 349-356. – Режим доступа до журн. : <http://www.foibg.com/ijima/vol01/> 4. Стратегія реформування вищої освіти в Україні до 2020 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.mon.gov.ua/img/zstored/files/HE%20Reforms%20Strategy%2011_11_2014.pdf

Bibliography (transliterated): 1. Vasenkova, E.I., and G.M. Kazlyak. "Sravnitel'nyy analiz effektivnosti nauchnykh proyektov" *Materialy XX mezhdunarodnoy nauchno - prakticheskoy konferentsii "Upravleniye v sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh"*. Minsk: Minskiy in - t upravleniya. 2009. Web. May 20 2011 <<http://elibrary.miu.by/conferences/item.uses/issue.xx/article.61.html>> 2. Novikov, D.A., and A.L. Sukhanov. *Modeli i mekhanizmy upravleniya nauchnymi proyektami v vuzakh*. Moskva: Institut upravleniya obrazovaniyem RAO, 2005. Print. 3. Petrovskiy, A., et al. "Retrospektivnyy analiz rezul'tativnosti nauchnykh proyektov" *International Journal "Information Models and Analyses"*. Vol.1. 2012. Web. <<http://www.foibg.com/ijima/vol01/>> 4. Strategiya reformuvannya vishchoї osviti v Ukrayiny do 2020 roku. Web. <http://www.mon.gov.ua/img/zstored/files/HE %20Reforms%20Strategy%2011_11_2014.pdf>

Надійшла (received) 05.12.2014

УДК 519.68

В. В. ИВАНОВ, канд. техн. наук, доц., ОНПУ, Одесса

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА

Расширено понятие обратного инжиниринга и предложено его подразделение на три класса: концептуальный, агрегатный и полный. Дан анализ состава команды проекта, оборудования, программного обеспечения и эвристических методов применяемых для каждого из классов. Показано использование эвристических методов при концептуальном обратном инжиниринге.

Ключевые слова: обратный инжиниринг, эвристические методы, команда проекта, модель процесса исполнения.

Введение. Современной спецификой портфеля заказов инжиниринговых компаний является преобладание проектов по ремонту оборудования. Обычно оборудование произведено иностранными фирмами, а документация частично либо полностью отсутствует. Данные, содержащиеся в документации, недостаточны для организации производства деталей взамен разрушенных. В нынешних тяжелых, для отечественной экономики, условиях особенно актуальным является вопрос импортозамещения. Ремонт оборудования целесообразно производить в Украине, а для этого требуется полный комплект документации на узел и на каждую деталь в отдельности.

Анализ литературы. Обратный инжиниринг – интенсивно развивающаяся технология, получившая широкое применение в индустриально развитых странах, направленная на установление параметров изделия с целью получения его математической модели на основе измерений реального объекта [1]. Данная технология широко используется для создания математической модели сложной поверхности. Компании, активно работающие в данной области, презентуют задачи, решенные для элементов корпуса автомобилей, корпуса отопительных печей, автомобильных фар и др. [2]. Решение таких задач требует специального оборудования по сканированию поверхностей и программного обеспечения по формированию 3-D поверхностей. Определенная систематизация задач такого типа приведена в учебном пособии [2].

Указанные публикации в основном направлены на воспроизведение сложных поверхностей. В действительности класс задач обратного инжиниринга намного шире, например, он необходим при ремонте поврежденных трансмиссий [3]. При обратном инжиниринге судовых энергетических установок мы сталкиваемся с большим количеством унифицированных узлов, стандартных деталей и стандартных элементов деталей. При этом известны параметры ряда узлов, в силу их унификации, и размеры стандартных деталей [4]. Наличие стандартных дискретно меняющихся параметров, таких как: модуль, посадочные размеры, межосевые расстояния и др. существенно меняют постановку задачи. Это с одной стороны усложняет поиск, а с другой - дает дополнительные возможности по расшифровке параметров машины. Наряду с геометрическими параметрами необходимо определить механические свойства материалов, погрешности изготовления и монтажа, имеющиеся повреждения, что позволит создать модель машины и исследовать причины возникновения повреждений с учетом всего комплекса факторов.

Целью исследования является разработка модели управления проектом обратного инжиниринга, включающей необходимое программное обеспечение и оборудование, команду проекта, а также эвристические методы управления проектом.

Материалы исследований. Нами предложено разделить задачи обратного инжиниринга на три класса: концептуальный, агрегатный и полный. Задачей концептуального является установление причин выхода оборудования из строя (расследование аварий). Агрегатный направлен на полную расшифровку параметров оборудования, позволяет установить агрегаты и узлы, входящие в машину. А так же рассматривает возможность покупки вышедших из строя узлов у производителя, либо замены их продукцией другого производителя, в том числе отечественного. Полный предполагает расшифровку параметров всех узлов и всех деталей, входящих в машину. Определение материала и размеров деталей и, в конечном итоге, изготовление конструкторской документации, которая позволяет организовать производство данной машины.

В процессе инициации проекта принимают решение о типе обратного инжиниринга. В процессе планирования решают вопросы формирования команды проекта, выбора оборудования и программного обеспечения. Специфика обратного инжиниринга требует включение в команду проекта, наряду с конструкторами и технологами, специалистов по технике безопасности и эксплуатации оборудования, знакомых с особенностями эксплуатации, регламентом обслуживания, характерными отказами. Обычным является представление об инжиниринговой компании как о проектной организации, которая работает с документацией и проводит необходимые расчеты [5]. Однако для расследования аварий компания должна иметь оборудование для исследования повреждений. В первую очередь это оборудование для проверки: твердости поверхностей; механических характеристик материалов; фактической точности изготовления и монтажа. Задача обратного инжиниринга является эвристической по своей природе и не может быть решена без использования эвристических методов. В зависимости от класса обратного инжиниринга предложен состав команды проекта (табл. 1) и программное обеспечение (табл. 2).

Таблица 1 – Области знаний, в которых члены команды проекта должны являться специалистами

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ	АГРЕГАТНЫЙ	ПОЛНЫЙ
Эксплуатация оборудования; Техника безопасности; Метрология; Материаловедение; Исследования с использованием CAE.	Эксплуатация оборудования; Метрология; Логистика.	Метрология; Материаловедение; Измерение и моделирование сложных поверхностей. Расчеты с использованием CAE Проектирование; Технологический процесс.

Таблица 2 – Программное обеспечение, используемое при обратном инжиниринге

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ	АГРЕГАТНЫЙ	ПОЛНЫЙ
Библиотеки унифицированных узлов; Библиотеки стандартных деталей; Библиотеки стандартных элементов деталей; Модули CAE. Расчет динамики; Модули CAE. Расчет МКЕ; Модули CAE, Стандартные методики расчета деталей.	Библиотеки унифицированных узлов; Библиотеки стандартных деталей; Библиотеки стандартных элементов деталей.	Библиотеки унифицированных узлов; Библиотеки стандартных деталей; Библиотеки стандартных элементов деталей; Создание 3-D модели сложных поверхностей; Модули CAE Стандартные методики расчета деталей; Модули CAD; Модули CAM.

Результаты исследований. Сформирована модель процесса исполнения концептуального обратного инжиниринга, представленная на рисунке 1.



Рис. 1 – Модель процесса исполнения концептуального обратного инжиниринга

Началом процесса исполнения является дефектация деталей и узлов машин. Выявляются изменения структуры металла, смещения деталей от их номинального положения и т.д

В процессе исполнения наиболее целесообразно использовать «Обобщенный метод исследования структуры проблемы», который включает следующие эвристические приемы:

- выделение элементов;
- установление взаимосвязей между элементами;
- выявление взаимосвязанных и не зависимых групп элементов;
- определение входов и выходов системы;
- использование графов;
- использование матриц [6].

Накопленная в процессе дефектации информация является первым шагом к формированию перечня элементов, то есть выполнения первого эвристического приема – «выделение элементов». Зачастую в качестве элементов рассматривают поврежденные элементы или наиболее поврежденные элементы.

Для формирования расчетных моделей деталей и узлов измеряют межосевые расстояния и посадочные размеры. С помощью библиотек, содержащихся в программных комплексах, выявляют соответствие: узлов, деталей и элементов деталей; типовым узлам, стандартным деталям и стандартным элементам деталей. Устанавливают стандарты, на основе которых спроектированы и изготовлены узлы машины. Это дает возможность установить расчетные нагрузки для узлов и деталей. Проверка правильности полученных данных осуществляется на основе прочностного расчета инженерными методами с помощью модулей CAE программных комплексов.

Расположение и сопряжения поврежденных элементов в конструкции машины, расчетные схемы для определения прочности поврежденных деталей дают информацию для выполнения следующего эвристического приема – «установление взаимосвязей между элементами». Это дает возможность формализовать часть конструкции машины, содержащей поврежденные узлы и детали в виде графа либо матрицы – эвристический прием «использование графов или матриц». Данная графовая либо матричная модель с привлечением расчетных зависимостей, описывающих прочность, жесткость и другие критерии, представляет математическую модель конструкции.

Модули CAE позволяют, при необходимости, более детально изучить возможные причины повреждения узлов и деталей, решать научно-исследовательские задачи такие как, определение напряжений и деформаций методом конечного элемента. Использование модулей CAE меняет требования к составу команды проекта – научно-исследовательские задачи могут решать инженеры конструкторы при условии обучения работе с программными комплексами.

Математическая модель конструкции с привлечением расчетов, проведенных с использованием модулей CAE, трансформируется в

математическую модель повреждений деталей конструкции, которая должна дать ответ на причины аварии.

Выводы. Расширено понятие обратного инжиниринга. Рассмотрена специфика обратного инжиниринга машин с большим количеством унифицированных узлов, стандартных деталей и стандартных элементов деталей. Введена классификация задач обратного инжиниринга: концептуальный, агрегатный и полный. В зависимости от класса задач обратного инжиниринга предложен состав команды проекта, необходимое программное обеспечение и рекомендованные к применению эвристические методы. Разработана модель процесса исполнения концептуального, обратного инжиниринга. Показано применение в процессе исполнения концептуального обратного инжиниринга эвристического метода «Обобщенный метод исследования структуры проблемы».

Список литературы: 1. Varady, T. Reverse engineering of geometric models - an introduction / T. Varady, R. Martin, J. Cox. – Computer-Aided Design 29 (4), 1997. – С. 255–268. 2. Клименко В.Ю. Реверсный инжиниринг : учебн. пособие / В.Ю.Клименко. – Запорожье, 2009 – 116 с. 3. Иванов В.В. Эвристические модели в машиностроении / В.В. Иванов. – Одесса : Наука і Техніка, 2012. – 234с. 4. Шахов А.В. Проектирование жизненного цикла ремонтпригодных технических систем / А.В. Шахов. – Одесса : Феникс, 2005. – 164 с. 5. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), Ed. Network Square, PA: *Project Management Institute*. – 2008. – Режим доступа: <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards/pmbok-guide.aspx>. – Дата обращения: 20 ноября 2014. 6. Иванов В.В. Эвристические аспекты в управлении проектами / В.В. Иванов // Тези доповідей XI міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». Тема «Розвиток компетентності організації в управлінні проектами, програмами та портфелями проектів» // Відповідальний за випуск С.Д. Бушуєв. – КНУБА, 2014 – С.79-80.

Bibliography (transliterated): 1. Varady, T., R. Martin and J. Cox. Reverse engineering of geometric models - an introduction. "Computer-Aided Design". No 29 (4). 1997. 255–268. Print. 2. Klimenko, V.Yu. *Reversnyi inzhiniring*. Zaporozhye, 2009. Print. 3. Ivanov, V.V. *Evristsicheskie modeli v mashinostroenii*. Odessa: AO Bahva, 2012. Print. 4. Shahov, A.V. *Proektirovanie zhiznennogo tsikla remontoprigodnykh tehnikeskikh sistem*. Odessa: Feniks, 2005. Print. 5. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). Ed. Network Square, PA: *Project Management Institute*, 2008. Web. 20 november 2014 <http://www.pmi.org/PMBOK-Guide-and-Standards/pmbok-guide.aspx>. 6. Ivanov, V. V. "Evristsicheskie aspektyi v upravlenii projektami". *Tezy dopovidey XI mizhnarodnoyi konferentsiyi "Upravlinnya proektamy u rozvytku suspil'stva"*. Tema "Rozvytok kompetentnosti orhanizatsiyi v upravlinni proektamy, prohramamy ta portfelyamy proektiv". Ed. Bushuyev S.D. Kiev: KNUBA, 2014. 79–80. Print.

Поступила (received) 05.12.2014