

УДК 004.896

Л.В. НЕЧВОЛОДА<sup>1</sup>, А.В. КОЛОТ<sup>2</sup><sup>1</sup>Славянский колледж Национального авиационного университета<sup>2</sup>Донбасская государственная машиностроительная академия

ludanechvoloda@mail.ru

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ХОДЕ ПЕРЕОСНАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

*Выполнена многоаспектная разработка программного и аппаратного обеспечения системы информационной поддержки принятия решений, определены требования к развертыванию системы. Выполнены экспериментальные исследования предложенных методик, информационной технологии и алгоритмов обработки данных, проведено опытное внедрение программного комплекса на машиностроительном предприятии.*

**Постановка задачи.** Общее состояние и режимы работы электротехнического оборудования на машиностроительном предприятии является важным элементом обеспечения производительности технологического оборудования и качества производимой продукции. Для предотвращения аварийных и предаварийных режимов работы, соблюдения требуемого технического уровня производства, внедрения современных технологий автоматизации и управления электроприводом, на предприятии должна быть создана подсистема управления техническим обслуживанием и ремонтом и управления развитием производственных фондов, интегрированная в корпоративную информационную систему. В настоящее время отдельные решения с обеспечением определенной информационной поддержки в ходе технического переоснащения электротехнического оборудования созданы и эксплуатируются, однако их существенным недостатком является отсутствие подсистем сбора и обработки экспертных данных, осуществляемых на основе современных информационных технологий, несовершенное алгоритмическое обеспечение, не учитывающее нечеткий характер функции цели экспертов и существенную неопределенность данных [1], используемых при принятии решений. Отсутствует системный подход к анализу предметной области переоснащения, не проводится эффективная функционально-стоимостная оценка степени и стоимости реализации необходимых функций в анализируемых альтернативах.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований [2,3] сформулированы активности, реализуемые в ходе процесса поддержки принятия решений, на примере информационного обеспечения процесса технического переоснащения машиностроительного предприятия, и определены основные требования к алгоритмическому и программному обеспечению таких систем, выявлены необходимые режимы его функционирования. Разработана информационная технология по получению и эффективной обработке экспертных оценок с учетом необходимости повышения надежности получаемых оценок, возможно более точной аппроксимации функций цели экспертов и лиц, принимающих решения (ЛПР) с использованием методов формализации нечетких данных – метода смешанного экстремума и свертки оценок с нечеткими мерами в виде нечеткого интеграла [4]. Определено, что данная информационная технология позволяет повысить качество информационного обеспечения поддержки принятия решений на производстве.

Целью работы является разработка системы информационной поддержки и автоматизации этапов процесса принятия решений и экспериментальные исследования эффективности предложенных алгоритмических и программных решений.

### **Основные результаты исследований.**

**Разработка программного комплекса системы информационной поддержки.** В [2,3] выполнен анализ и моделирование процессов получения данных о технологическом оборудовании, оценки его состояния и функциональных возможностей аналогов, проведения экспертиз для сформированного множества альтернативных решений о модернизации, аренде либо покупке оборудования, предложена информационная технология обработки экспертных оценок. На основе полученных результатов построена диаграмма прецедентов использования (вариантов использования – Use Case Diagram) из набора диаграммных методик унифицированного языка моделирования (Unified Modeling Language - UML) [5], приведенная на рис. 1.

На основании построенной диаграммы выполнена разработка диаграммы классов предметной области информационной системы поддержки принятия решений при техническом переоснащении машиностроительного предприятия (ИСППР ТПМП). Данная диаграмма приведена на рис. 2. В качестве классов, описывающих актеров, которые участвуют в процессе анализа альтернатив и принятия решений по выбору наилучшей из них, а также объекты процесса принятия решений, введены следующие классы.

«Лицо, принимающее решения (ЛПР)» - руководители службы главного механика, главного технолога или главного энергетика на машиностроительном предприятии.

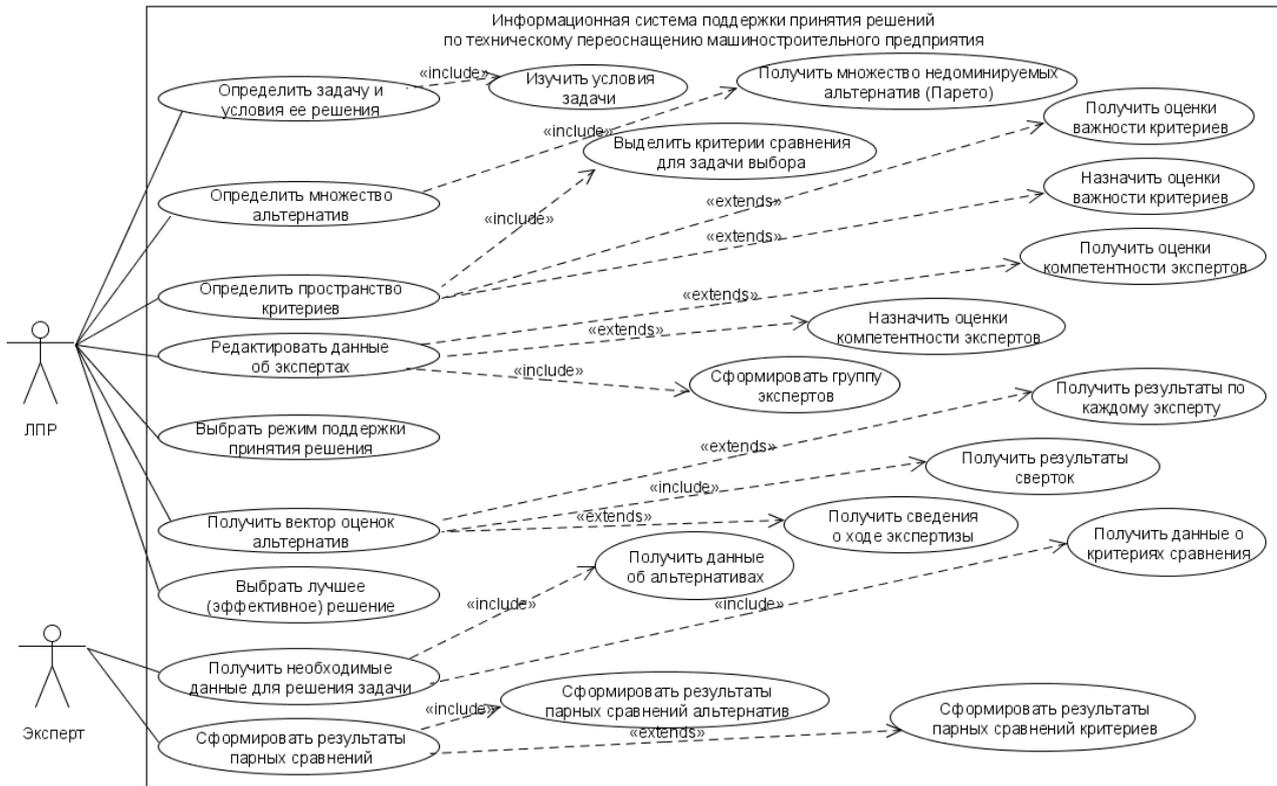


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов использования информационной системы поддержки принятия решений по техническому перевооружению машиностроительного предприятия

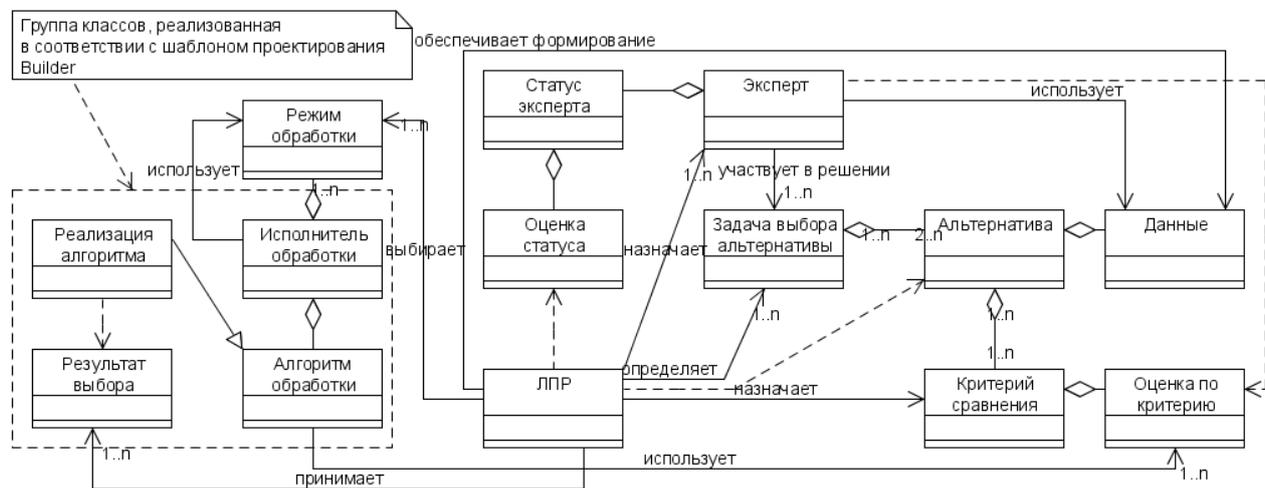


Рисунок 2 – Диаграмма классов предметной области информационной системы

ЛПР формирует возможные альтернативы по модернизации узлов уже эксплуатируемого оборудования, покупке или аренде оборудования сторонних поставщиков [6]. ЛПР также формирует дополнительные сведения (данные) о характеристиках возможных процессов модернизации или о закупаемых станках и станочном оборудовании. Эти данные должны описывать ключевые параметры с точки зрения критериев сравнения процессов и изделий, предлагаемых ЛПР, и могут предоставляться «Эксперту» - участнику процесса экспертизы «Альтернативы», - в различных форматах: табличном, текстовом, графическом, в виде видеоматериалов и т.п. Соответственно такие «Данные» должны быть организованы в хранилище данных, сформированное для решения конкретной «Задачи выбора альтернативы» и с использованием средств доступа и просмотра, удобных для привлекаемых экспертов. Эксперты, которых ЛПР выбирает (назначает) для решения

конкретной задачи выбора альтернативы, должны обладать требуемым «Статусом» для адекватного решения такого рода задач. Предварительную «Оценку статуса» выполняет ЛПР. В дальнейшем такая оценка весомости выбора конкретного эксперта используется при окончательной обработке оценок альтернатив.

Эксперты выполняют ранжирование альтернатив путем парных сравнений их привлекательности по различным критериям. Результаты сравнений представлены на диаграмме классом «Оценка по критерию».

При разработке фрагмента диаграммы классов, отражающего программную подсистему ИС ППР ТПМП, которая обеспечивает обработку оценок экспертов по предложенным моделям и алгоритмам, использовался шаблон проектирования «Builder» [5]. В соответствии с этим шаблоном класс «Исполнитель обработки» включает в себя как составные части объекты классов «Режим обработки» и «Алгоритм обработки». Наследником последнего класса является класс «Реализация алгоритма», который обеспечивает получение «Результата выбора». ЛПР, определяя режим обработки, через соответствующие методы «Исполнителя обработки» определяет и перечень требуемых алгоритмов, а также особенности их непосредственной реализации (параметры и режимы работы алгоритмов). Окончательно результат выбора как набор ранжированных альтернатив получается по результатам свертки ранжировок отдельных экспертов.

На основе результатов моделирования классов предметной области разработана диаграмма классов программного комплекса, приведенная на рис. 3.

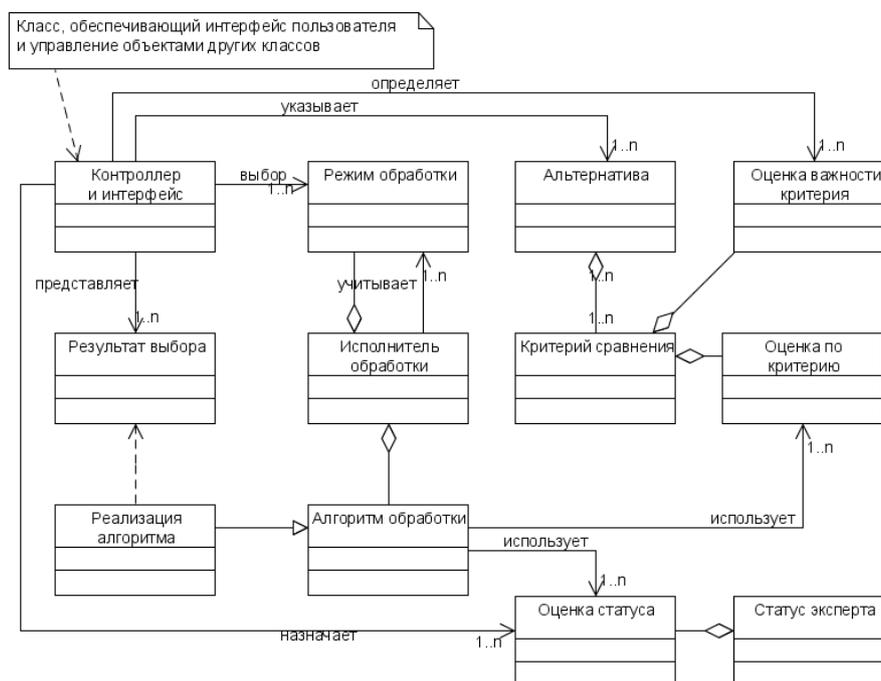


Рисунок 3 – Диаграмма классов программного комплекса

Рассмотрим особенности программно-аппаратной реализации компонентов программного комплекса ИСППР.

На основе вышеизложенного, с учетом необходимой и дополнительной функциональности ИСППР, разработан структурно-функциональный программно-аппаратный комплекс, позволяющий на основе модульного подхода к реализации информационных систем комплектовать и адаптировать реализации систем информационной поддержки ИСППР модулями, необходимыми в конкретных организационно-технических ситуациях.

Для упрощения такой комплектации предложено классифицировать модули (компоненты) автоматизированного рабочего места ЛПР по функциональному назначению, и выделить следующие уровни, обеспечиваемые при реализации рассматриваемых модулей: уровень обработки экспертных оценок; уровень привлечения дополнительного информационного обеспечения; уровень интенсивности диалога с ЛПР; уровень интеграции в информационную систему предприятия.

Таким образом формируется структурно-функциональный ряд ИСППР в ходе ТПМП. В ходе реализации такой системы необходимо предусмотреть возможность доступа к данным о техническом состоянии оборудования и доступа к дополнительным хранилищам и источникам данных, а также возможность получения данных от удаленных и мобильных экспертов. С учетом разработанного структурно-функционального ряда ИСППР, гибко формирующегося путем комплектования различными модулями (компонентами), а также принимая во внимание необходимость в большинстве случаев взаимодействовать с сервером баз данных в локальной сети, с клиентскими машинами, работающими с использованием Web-технологий, была предложена диаграмма развертывания ИСППР, интегрированной в информационную систему предприятия. Эта диаграмма приведена на рис. 4.

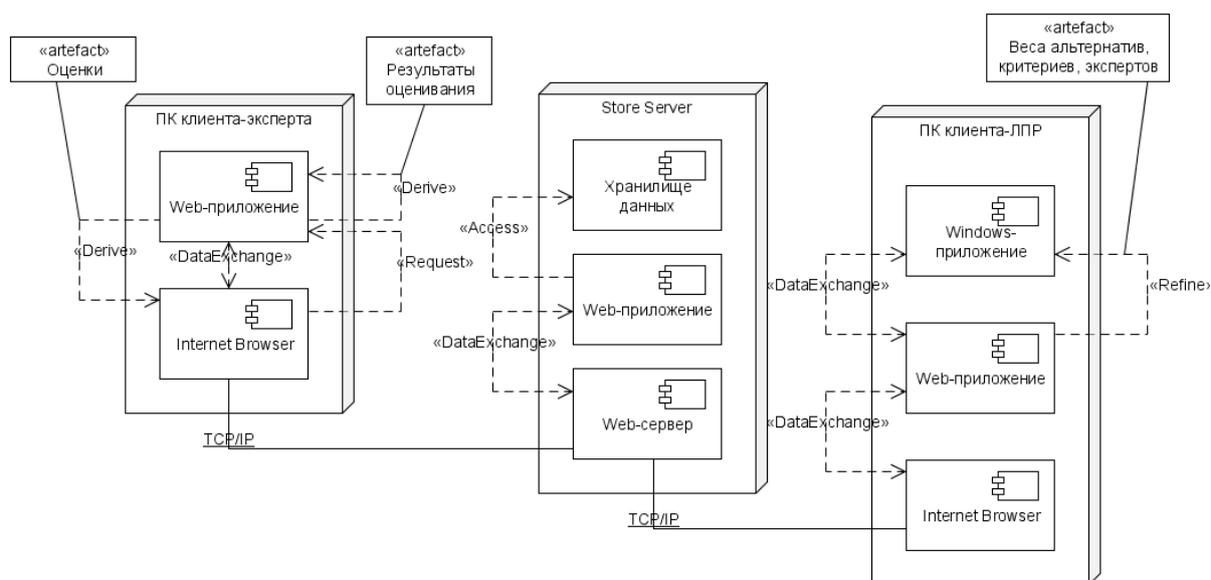


Рисунок 4 – Диаграмма развертывания ИСППР, интегрированной в информационную систему предприятия с использованием Web-технологий

**Методика и результаты экспериментальных исследований компонентов системы.** Одной из проблем экспериментальной проверки адекватности полученных моделей и разработанных алгоритмов, эффективности их применения на практике в данной предметной области и для данной информационной технологии, является сложность получения объективной оценки результата принятия решения. Проверка реальной экономической эффективности той или иной альтернативы требует проведения активного эксперимента, т.е. реализации различных альтернатив на производстве. Это, во-первых, грозит серьезными финансовыми и моральными потерями (срывом производственной программы), во-вторых, не позволяет провести однофакторный эксперимент, т.е. последовательное применение в составе технологического цикла предприятия различного оборудования (или выполнения альтернативных мероприятий) может происходить в различных технических и экономических условиях; в третьих, эконометрические оценки не позволяют в рамках предприятия вычленить для конкретного решения прибыль или эффективность другого характера. Таким образом, оценка эффективности (адекватности, прибыльности) того или иного решения может быть, практически, только экспертной и, соответственно, субъективной.

Несмотря на сложность получения объективной оценки эффективности была предложена методика проведения экспериментов с разработанными компонентами ИСППР, позволившая получить оценки, близкие к объективным.

Эксперименты проводились в двух режимах. В первом режиме различия в функции цели эксперта формировались алгоритмическими средствами следующим образом. В матрицу вносились оценки, полученные от эксперта, имеющего точное представление о своих предпочтениях и сформировавшего согласованную транзитивную матрицу оценок [1,4]. Затем в оценки вносились случайные отклонения, генерируемые по закону с нормальной функцией плотности распределения вероятностей. Во втором режиме группа экспертов из 3-5 человек, имеющих кооперативную договоренность о строгом предпочтении (порядке) на множестве альтернатив, проводила индивидуальную оценку набора альтернатив. В результатах экспертизы они заинтересованы не были, и, следовательно, не вносили манипулятивную составляющую в свои оценки. При этом их функции полезности неопределенным и случайным образом не совпадали. Свертка оценок альтернатив проводилась в линейном режиме, с использованием смешанного экстремума и путем нахождения нечеткого интеграла (свертки с нечеткой мерой). Усредненные результаты экспериментов приведены на рис. 5. Анализ результатов показывает существенное повышение качества обработки экспертных оценок (на 7-15% по сравнению с наиболее близкой по качеству методикой) с использованием предлагаемой методики в рамках разработанной информационной технологии.

Оценка адекватности полученных моделей и эффективности разработанных методик и алгоритмов реальным производственным условиям проводилась следующим образом.

На основе разработанных моделей и алгоритмов обработки данных, полученных от экспертов в виде нечетких оценок, а также использованного при проектировании объектно-ориентированного подхода, создано программное обеспечение информационной системы для поддержки принятия решений. Используя производственные данные машиностроительных предприятий, мы получили и обработали оценки предпочтительности мероприятий по техническому перевооружению электротехнического и металлообрабатывающего оборудования.

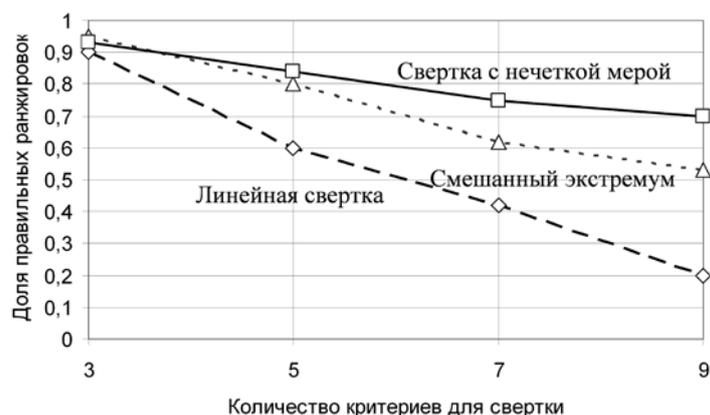


Рисунок 5 – Результати обробки експериментальних даних в ході свертки експертних оцінок з використанням різних методик

Для перевірки адекватності моделей і ефективності пропозованих методик і алгоритмів, испытаний інформаційної системи в якості експертів привлекались дійсні спеціалісти служб головного механіка і головного технолога. Станочне обладнання для фрезерування було підвргнуто капітальним ремонтам, модернізації і заміні, при цьому оцінювались переваги для різних альтернатив проведення заходів по технічному переоснащенню машинобудівного підприємства. Далі спеціалістами економічної служби заводу оцінювався економічний ефект від заходів, виконаних в відповідності з рекомендаціями експертів. При цьому перевірялось вплив кількості спеціалістів, приймавших участь в експертизі, кількість і розподіл вагових коефіцієнтів критеріїв експертизи. Результати експериментів при опытном впровадженні на машинобудівному підприємстві в середньотривалій перспективі показують ріст економічного ефекта від прийнятих, при підтримці розробленої інформаційної системи, рішень по технічному переоснащенню, на 5-7% по порівнянню з прийнятиєм рішень в традиційних умовах.

**Висновки.** Виконана багатоаспектна розробка з використанням діаграм UML програмного і апаратного забезпечення системи інформаційної підтримки прийняття рішень в ході переоснащення електротехнічного і металобробляючого обладнання на машинобудівному підприємстві, визначені вимоги до розгортванню системи, пропозовано комплектувати конкретну ІСППР з точки зору забезпечення наступних різних рівнів обробки експертних оцінок і інтеграції в інформаційну систему підприємства. Виконані експериментальні дослідження пропозованих методик, інформаційної технології і алгоритмів обробки даних, проведено опытне впровадження програмного комплексу на машинобудівному підприємстві.

Аналіз результатів показує суттєве підвищення якості обробки експертних оцінок (на 7-15% по порівнянню з найбільш близькою по якості методикою) з використанням пропонованої методики в рамках розробленої інформаційної технології. Результати експериментів при опытном впровадженні на машинобудівному підприємстві в середньотривалій перспективі показують ріст економічного ефекта від прийнятих, при підтримці розробленої інформаційної системи, рішень по технічному переоснащенню машинобудівного підприємства, на 5-7% по порівнянню з прийнятиєм рішень в традиційних умовах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 245 с.
2. Нечволода Л.В. Автоматизация управления развитием производственных фондов машиностроительного предприятия на основе информационных технологий / Л.В. Нечволода // Вісник ХНУ. – 2008. – Т. 2. – №3. – С. 255-259.
3. Нечволода Л.В. Информационные технологии и архитектура программного комплекса для автоматизации принятия решений по техническому переоснащению на машиностроительном предприятии / Нечволода Л.В. // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – 2009. – Вип. 17 (148). – С. 104-111.
4. Нечволода Л.В. Информационная технология обработки экспертных оценок при техническом переоснащении машиностроительного предприятия / Л.В. Нечволода // Research and technology – step into the future. Scientific & Research Journal of Transport and Telecommunication Institute (Riga). – 2009. – Vol. 4. – № 4. – P. 35-37.
5. Ларман К. Применение UML и шаблонов проектирования / К. Ларман. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 624с.

6. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Физматлит, 1982. – 342 с.

Надійшла до редколегії 18.11.2010

Рецензент: І.П.Заболотний

Л.В. НЕЧВОЛОДА<sup>1</sup>, О.В. КОЛОТ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Слов'янський коледж Національного авіаційного університету

<sup>2</sup> Донбаська державна машинобудівна академія

L. NECHVOLODA<sup>1</sup>, A. KOLOT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slov'yansk College of National Aviation University

<sup>2</sup> Donbass State Engineering Academy

**Розробка й дослідження системи інформаційної підтримки прийняття рішень у ході переоснащення електротехнічного обладнання на машинобудівному підприємстві.** Виконано багатоаспектну розробку програмного й апаратного забезпечення системи інформаційної підтримки прийняття рішень, визначені вимоги до розгортання системи, запропоновано комплектувати конкретну СППР із погляду забезпечення різних рівнів обробки експертних оцінок й інтеграції в інформаційну систему підприємства. Виконано експериментальні дослідження запропонованих методик, інформаційної технології й алгоритмів обробки даних, проведене дослідне впровадження програмного комплексу на машинобудівному підприємстві.

**Development and Research of the Information Support System of Making Decision during Electrical Engineering Equipment Retooling at a Machine-Building Enterprise.** Multi-domain development of the software and hardware for an information support system of decision making is carried out, certain requirement to the development of the system are considered. Experimental researches of the offered methods, information technology and algorithms of data processing are conducted; experimental introduction of the software complex is carried out at a machine-building enterprise.