

ОХРАНА ТРУДА

Принципы построения сетевого программного комплекса поддержки принятия решений по обеспечению безопасности производства

Халин Е. В., доктор техн. наук, Михайлова Е. Е., инж.

ГНУ ВИЭСХ, Москва

Сетевой программный комплекс поддержки принятия решений по обеспечению безопасности производства представляет собой объединенную инфокоммуникационным процессом совокупность технических и программных средств, функционирующих во взаимосвязи с пользователем, способную на основе данных и знаний синтезировать цели и вырабатывать рациональные безошибочные решения для их достижения — предотвращения производственного травматизма, профилактики заболеваемости, улучшения условий труда.

Ключевые слова: сетевой программный комплекс, поддержка принятия решений, безопасность производства, формализованные профессиональные знания, непрограммируемый пользователь, эффективность программного комплекса.

Автоматизированное принятие решений по обеспечению безопасности производства — наиболее эффективный способ реализации мероприятий по снижению производственного травматизма и улучшению условий труда, учитывающих реальные факторы условий производственной среды, экономические ресурсы предприятия, выделяемые на обеспечение безопасности производства, и формализованные знания по обеспечению безопасности технологических процессов, трансформируемые программными средствами в рациональные решения в конкретном производстве.

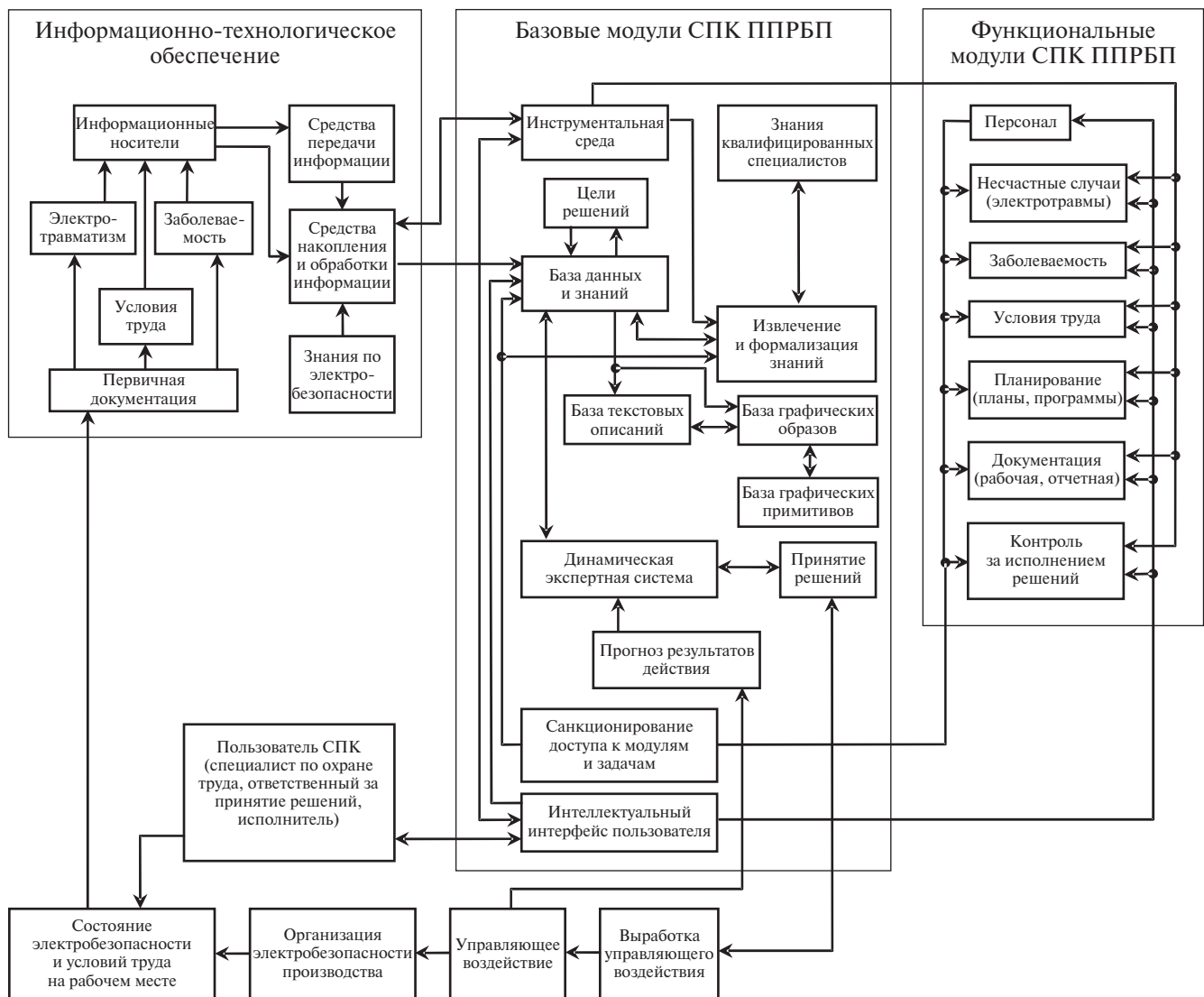
Сетевой программный комплекс поддержки принятия решений по обеспечению безопасности производства (СПК ППРБП) представляет собой объединенную инфокоммуникационным сетевым процессом совокупность технических и программных средств, телекоммуникационных и компьютерных систем и экспертных технологий, функционирующих во взаимосвязи с пользователем, способную на основе данных и знаний, в том числе с применением интеллектуальной графики, синтезировать цели и вырабатывать рациональные безошибочные решения для их достижения — предотвращения производственного травматизма, профилактики заболеваемости работающих, улучшения условий труда [1 – 3].

Данные и знания о состоянии безопасности производства формализуются и накапливаются в базах данных и знаний динамической экспертной системы. Средствами динамической экспертной системы принимается решение и вырабатывается управляющее воздействие, в том числе с использованием графических образов, результаты действия прогнозируются блоком прогнозов и учитыва-

ются при принятии окончательного решения динамической экспертной системой. Принимаемые решения систематизируются и размещаются в базе данных и знаний (см. рисунок).

Информационные носители, применяемые при формировании баз данных и знаний СПК ППРБП, взаимосвязаны, имеют компьютерные экранные образы и соответствующее программное сопровождение. Решения вырабатываются в двух вариантах: полностью соответствующие накопленным в базе знаний и адаптированные новые, отражающие знания пользователя программного комплекса и отрицающие правильность ранее накопленных решений в подобных обстоятельствах.

Информационно-технологическое обеспечение. Информационное обеспечение СПК ППРБП включает в себя специальные информационные носители, имеющие преимущественно экранный компьютерный образ и при необходимости твердое (бумажное) представление. Предусматривается возможность использования имеющихся носителей и отчетных форм. Накапливаются сведения о производственных травмах и их материальных последствиях, о других видах происшествий на производстве, о заболеваниях работающих сотрудников, о выполнении мероприятий по обеспечению требуемого уровня безопасности труда и указаний текущей управленческой документации, о состоянии обученности по безопасности производства, об условиях труда. Основные информационные носители — учетный лист несчастного случая, карточка дополнительных сведений к нему, карты нетрудоспособности, контроля условий труда — отражают содержание аналогичных действующих утвержденных



Функционально-технологическая структура СПК ППРБП

ных документов и однозначно сопоставимы с содержащейся в них информацией.

Существующие процедуры настройки информационных носителей на определенное производство с любого терминального устройства с санкционированием доступа к этому процессу обеспечивают возможность дополнения ограниченного числа неиспользуемых непротиворечивых значений характеристик в настраиваемые разделы, что гарантирует наиболее полное отражение специфики конкретного производства, условий труда, особенностей обстоятельств несчастного случая, производственно обусловленного заболевания и информационных потребностей конкретных специалистов по охране труда с обязательным сохранением сведений, отражаемых аналогичными действующими первичными документами. Информационные носители могут выполнять роль первичных документов в виде твердых копий, если они содержат все необ-

ходимые данные и подписаны должностными лицами (с возможностью использования электронной подписи).

Единые структурные принципы построения информационных носителей позволяют накапливать обобщенные сведения о состоянии безопасности производства по отношению к определенному работнику, технологическому процессу, установке, машине, защитному мероприятию. Информационные носители гарантируют объективную комплексную оценку состояния безопасности производства путем взаимосвязанного своевременного учета и анализа данных о производственном травматизме, сведений о заболеваемости и необходимых показателях условий труда.

Базы данных и знаний. Для выработки и принятия решений в СПК ППРБП применяются формализованные знания, сосредоточенные в специализированных базах данных и знаний. СПК поддерживает типовую техно-

логию автоформализации профессиональных знаний и обеспечивает непрограммирующего профессионала инструментальными средствами самостоятельной формализации его собственных или выделенных им знаний в их естественном виде, соответствующем ранее накопленному профессиональному опыту и интуитивным навыкам. Наиболее значимые с точки зрения производственной целесообразности знания по безопасности производства приобретают путем извлечения экспертных знаний с использованием компьютерных процедур.

Используются два уровня представления знаний: первый — фактографическая информация и специально обработанные данные, знания классификационных признаков в сфере безопасности производства, второй — описания, отношения, комментарии, правила и процедуры, знания классификационных состояний, концентрирующие все знания, необходимые для решения определенной задачи обеспечения безопасности производства.

При больших объемах знаний для организации рационального оперирования ими, сокращения длительности поиска нужного решения и достижения реальной продолжительности работы системы применяется третий уровень представления знаний — уровень метазнаний, знаний о себе, о своих знаниях, их структуре и принципах функционирования, содержащих стратегии поиска различных групп решений, позволяющих избавиться от полного перебора и анализа знаний.

Фактографическая информация (факты), содержащая сведения о состоянии безопасности производства, заболеваемости работников и условиях труда, хранится в виде списков в базе данных реляционного типа. Каждая запись рассматривается как реализация события: несчастного случая, заболевания, конкретного состояния условий труда. Совокупность фактов в виде значений атрибутов, извлекаемых из базы или получаемых от специалиста, используется в процедурах поиска и принятия решений.

В обобщенной динамической экспертной системе обеспечения безопасности производства знания представляются фактами, фиксирующими количественные и качественные показатели состояния безопасности, характеристики несчастных случаев, производственных заболеваний, состояния того или иного производства, демографические характеристики работников и т.п., и правилами, описывающими в виде логических условий соотношения фактов.

Правила в базе знаний СПК должны иметь вид некой семантической структуры “ЕСЛИ <логическое выражение>, ТО <текст процедуры> [комментарий]”. Часть “ЕСЛИ” строится как логическая комбинация некото-

рых объектов и событий и характеризует условия применимости правила (значение логического выражения больше 0). Часть “ТО” представляется как список работ, которые необходимо выполнить при принятой логической комбинации фактов или ее изменении, и концентрирует действия, производимые системой при поиске решений. Комментарии используются для формирования объяснений как в правильном, так и в неточном или ошибочном направлении поиска.

Согласно правилам реализуется формализованный способ представления рекомендаций, указаний или стратегий и обеспечивается естественный способ описания процессов воздействия на состояние безопасности сложной и быстро меняющейся производственной среды. Применение правил упрощает объяснение способов получения программой конкретных заключений.

Графические образы и описания, накапливаемые в базе данных и знаний, дополняют результаты текстовой формализации знаний. Выстроенное графическое представление действий, предшествующих принятию решения по обеспечению безопасности, содержит опыт и навыки профессионала-производственника и отражает накопленные ранее знания, формализованные графическими образами.

Интеллектуальные графические образы создаются непрограммирующими пользователями-профессионалами с применением сетевой базы коллективно выверенных графических примитивов. Вновь созданные интеллектуальные графические образы помещают в базу знаний по безопасности производства после сопоставления с завершенными графическими представлениями и используют для эффективной реализации этих представлений при принятии решений по обеспечению безопасности производства [4].

Экспертные системы. Интеллектуальный программный комплекс в режиме диалога вырабатывает рациональные решения, касающиеся повышения уровня безопасности производства, с использованием процедур целевых экспертных систем, выстраиваемых и наполняемых данными и знаниями в зависимости от поставленных задач для автоматизации и достижения необходимого качества основных профессиональных и производственных функций специалиста по охране труда. Для поддержки процесса поиска решений и их оценки программными средствами СПК используются подходы, имитирующие действия работников, организующие обработку информации аналогично обработке, выполняемой человеком, включающие интерактивные диалоговые системы планирования, оптимизации и принятия решений.

Динамическая экспертная система СПК ППРБП, обладающая необходимой гибкостью и адаптивностью, поддерживает решения работающего с ней специалиста, но не заменяет его. Целевые экспертные системы настраиваются на решение определенного круга информационно-технологических задач обеспечения безопасности производства. Принятие решений в среде целевых экспертных систем осуществляется путем реализации функций организации механизмов вывода, процедур поиска и рассуждений, обоснования и объяснения решений и выводов, выявления противоречивых знаний. Результаты функционирования каждой целевой экспертной системы легко воспринимаются, без особого труда оцениваются пользователем, повышая его продуктивность. Учитывается профессиональный личностный аспект принятия решения, стиль и методы работы пользователя [5].

Целевая экспертная система моделирует деятельность специалиста по безопасности в узкой предметной области при решении определенной задачи, сочетая информационно-справочные функции с функциями принятия решений с использованием средств гибкого диалога пользователя с системой. Пользователь включается в СПК в качестве одной из его функций и рассматривается как единое целое с сетевым терминалом сетевого программного комплекса.

Принятие решений. В процедурах принятия решений используются имитационные модели для формирования стратегии поиска, сопровождающейся обоснованиями и объяснениями, динамическими процессами визуального решения задачи. При этом допускается поиск высококачественных решений в недостаточно определенной ситуации с активным участием специалиста по безопасности при чередовании двух процедур: извлечения знаний и их предъявления. Работа системы в таком режиме рассчитана на специалистов достаточно высокой квалификации. Система выполняет роль специфического инструмента специалиста по охране труда (СОТ), снабжает пользователей разнообразной информацией, осуществляет различные расчеты, производит "традиционную" обработку данных, обработку графического и гипертекстового представления данных, формирует альтернативные решения, повышая эффективность работы СОТ.

Сетевые распределенные базы знаний предоставляют персональному СПК гибкие средства оперативного приобретения широкого спектра территориально разнесенных квалифицированных решений для принятия наиболее целесообразных в конкретных производственных условиях.

Программные средства СПК ППРБП обеспечивают выработку и принятие решений по следующим основным направлениям в соответствии с профессиональными потребностями специалистов по охране труда: предотвращению производственного травматизма; профилактике производственно обусловленной заболеваемости; формированию содержания, рекомендаций и предписанных неотложных мер; текущему и перспективному планированию мероприятий по предупреждению производственного травматизма и профилактике заболеваемости; обеспечению средствами индивидуальной защиты; комплексной оценке рабочих мест по уровню безопасности производства.

При поиске наиболее рационального решения реализуются две процедуры. В ходе первой формируется граф и оцениваются все его пути в поисках лучшей альтернативы для достижения цели. Проводится максимизация ценности пути в графе с учетом времени и стоимости его построения. Стратегия осуществляется только при небольшом числе правил из-за возможности комбинаторного взрыва. В ходе второй процедуры путь оценивается во время его формирования на каждом шаге, и процесс построения графа заканчивается, если найденный путь отвечает заданному значению функции оценки. В качестве критерия ценности пути могут быть использованы: комплексный критерий, оценивающий точность правил; предпочтение, отдаваемое пользователем; разница между выдаваемой и желаемой информацией; интегрированные модели.

Функционирование СПК инициируется лицом, принимающим решение, в гибкой диалоговой среде. Процесс принятия решения состоит в выборе некоторой совокупности из множества альтернатив и их упорядочении. Гарантируется некоторый независимый от действия пользователя нижний уровень качества решения, который может быть повышен благодаря компетентности и профессионализму лица, принимающего решение и избирающего тот или иной метод принятия решения с учетом предыдущего опыта и его представления о последствиях решения.

Принятое решение фиксируется первичной документацией и (или) информационными носителями (в том числе электронными), трансформируется в управляющее воздействие, поступающее в организационную производственную структуру, влияющую на состояние безопасности и условий труда на рабочих местах, и отражается в базе данных и знаний с целью последующего использования для принятия решений.

Об эффективности. К показателям эффективности функционирования СПК ППРБП можно отнести эффективность информацион-

ного обеспечения; качество программных средств; эксплуатационные характеристики; качество принимаемых решений.

Информационные носители программного комплекса дают возможность осуществлять оперативные автоматизированные сбор и накопление надежной информации о несчастных случаях, заболеваниях, условиях труда в необходимом объеме, а также жесткую обратную связь для контроля результатов воздействия вводимых профилактических мероприятий на состояние безопасности действующего производства с территориальной и персональной индексацией.

С помощью программных средств СПК ППРБП на базе экспертных технологий обеспечивают: постоянное наращивание и обновление знаний с применением текстографических процедур; поиск оптимальных решений, в том числе с оценкой их экономической целесообразности; независимый от действия пользователя нижний уровень качества решения (безошибочность и экономическую целесообразность), который увеличивается с повышением профессионализма лица, принимающего решение, и по мере применения СПК; наращивание числа автоматизируемых задач и операций, в том числе непрограммирующим профессионалом; жесткую обратную связь, своевременную оценку и учет результатов применения решений в действующем производстве; реализацию сетевой технологии использования функций и содержания модулей программных средств.

В категории “эффективность” СПК ППРБП и принятого решения по обеспечению безопасности производства в общем случае выделяются технический, экономический и социальный аспекты. Техническая эффективность определяется точностью и полнотой реализации принятых решений, касающихся обеспечения безопасности производства. В качестве критериев экономичности программных средств по принятию решений рассматриваются требуемые машинные ресурсы, продолжительность поиска решения и более интегрированный показатель — затраты на поиск решения, учитывающие затраты ручного и машинного времени на поиск решения, среднечасовую ставку персонала, работающего на СПК.

Социальный аспект качества принимаемых решений связан, с одной стороны, с принятием решений СПК, формирующих условия для обеспечения безопасности производства, сохранения людских ресурсов, здоровья работников, которые могут быть охарактеризованы экономическими показателями по соответствующим методикам. С другой стороны, процесс выработки решений отличается высо-

кой технологичностью, отвечает требованиям эргономичности и превращает труд специалиста по охране труда в творческий и привлекательный.

Затраты на обеспечение функциональной пригодности СПК рассчитывают с учетом трудоемкости и сложности проекта и определяют, принимая во внимание объем программного комплекса (например, число строк программ) и его базы данных и знаний (например, число значений регистрируемых параметров и число строк логических записей базы). Помимо этого в них отражаются затраты на сетевое взаимодействие программных средств, защиту от несанкционированного доступа, на сопровождение на этапе освоения и последующей эксплуатации (затраты на обнаружение и устранение дефектов и ошибок, на развитие и модернизацию), обеспечение мобильности программных средств (возможные платформы, области повторного использования, уровень автономности).

Выводы

1. Автоматизированное принятие решений по обеспечению безопасности производства должно основываться на информационно-коммуникационных и экспертных технологиях, формализованных знаниях высококвалифицированных специалистов, новых системах учета сведений о состоянии безопасности производства, включающих электронные взаимосвязанные носители данных о травмах, заболеваниях и условиях труда на производстве.

2. При оценке эффективности принимаемых решений по обеспечению безопасности производства, синтезируемых средствами сетевого программного комплекса и профессионалами, эксплуатирующими комплекс, необходимо учитывать технический, экономический и социальный аспекты.

Список литературы

1. **Основы** электрической безопасности / Е. В. Халин, Д. С. Стребков, Н. Н. Липантьева, С. И. Коструба. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010.
2. **Джонс М. Т.** Программирование искусственного интеллекта в приложениях / Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2006.
3. **Рассел С., Норвиг П.** Искусственный интеллект: современный подход / Пер. с англ. — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006.
4. **Халин Е. В.** Инновационные системы обеспечения безопасности производства. — Промышленная энергетика, 2011, № 7.
5. **Джарратано Д., Райли Г.** Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Пер. с англ. — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2007.