

В.М. Беленький

(Московский государственный университет технологий и управления;
e-mail: av36740@akado.ru)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Предлагается функциональная структура автоматизированной системы управления охраной труда на предприятии. Система предназначена для оптимального планирования профилактических мероприятий по охране труда.

Ключевые слова: система, охрана труда, структура.

V.M. Belenkiy

AUTOMATED MANAGERIAL SYSTEM BY GUARD OF LABOUR IN ENTERPRISE

Offered functional structure automated managerial system by guard of labour in enterprise. The system is intended for optimum planning preventive action on guard of labour.

Key words: system, guard of labour, structure.

Статья поступила в редакцию 4 декабря 2010 г.

Постановка задачи. Одной из важнейших проблем на предприятиях и в организациях является обеспечение безопасности и безвредности производства, профилактика травматизма и заболеваний, связанных с неблагоприятными условиями труда.

Для решения указанной проблемы необходимо соблюдение соответствующих правовых и технических норм в области безопасности и гигиены труда, правильная организация трудового процесса, постоянный контроль и отчетность перед вышестоящими административными и хозяйственными органами. Однако серьезной трудностью при решении подобных задач является тот факт, что многие руководители и управленческий персонал, а часто и рядовые сотрудники, пришедшие в последнее время, не имеют элементарных знаний в области техники безопасности и охраны труда. Выдвигая на передний план научно-технические и экономические задачи, они часто не соблюдают при этом ни правил технической безопасности, ни санитарных норм, установленных для параметров рабочей зоны и экологии окружающей среды. Кроме того, зачастую отсутствует необходимая документация, регламентирующая законодательную и нормативную базу в области техники безопасности и промышленной санитарии для данного конкретного производства или вида трудовой деятельности.

Безусловно, не следует уменьшать сложность решения подобных задач, поскольку на каждом производстве существуют свои травмирующие и вредные для здоровья факторы, связанные с трудовым процессом. Так, для работников литейных или химических предприятий характерны повышенная температура, загазованность и тяжесть труда. Для монтажников-строителей – это шум и опасности, связанные с высотными работами.

У служащих банка или работников мэрии такими факторами являются напряженность труда, обусловленная постоянной ответственностью за принимаемые решения, а также постоянное воздействие компьютерного излучения, что является вредным фактором при большой продолжительности работы и отсутствии необходимых мер профилактики.

Только наиболее полный и постоянный *мониторинг опасных и вредных производственных воздействий*, а также вызываемых ими случаев травматизма и заболеваемости позволит разработать комплекс защитных мероприятий, обеспечивающих безопасность и безвредность условий трудовой деятельности. При этом необходимо создание и непрерывное обновление баз данных по следующим видам информации:

- кадровый состав работающих, дифференцированный по возрастным, стажевым и профессиональным группам;
- уровни производственного травматизма, распределенные по видам причин;
- показатели профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости;
- показатели инвалидности, полученной в связи с несчастными случаями на производстве и профессиональными заболеваниями;
- организационно-технические нормы и правила техники безопасности, а также санитарно-гигиенические нормативы по различным видам трудовой деятельности и профессиям работающих;
- текущие значения параметров условий труда, которые могут стать причиной производственного травматизма и заболеваемости персонала (например, степень соответствия техническим условиям и обеспечения рабочих мест средствами индивидуальной защиты, превышения допустимых уровней шума, радиоактивных излучений, загазованности, тяжести и напряженности труда и т.д.);
- затраты на профилактику и защиту от опасных и вредных производственных воздействий);
- психологический климат в коллективе и взаимоотношения с администрацией предприятия;
- меры безопасности и профилактики для отдельных участков производства, для крупных промышленных предприятий, а также для групп однородных предприятий и организаций.

Принципиальной трудностью при решении поставленной задачи является тот факт, что за последние десятилетия в городском хозяйстве появилось большое число небольших торговых и жилищно-коммунальных предприятий, организаций, работающих в сфере услуг и т.д., численность которых, как правило, не превышает 50, а то и 20 человек. В штате таких предприятий не предусмотрены специалисты по технике безопасности и охране труда. Ограничены возможности таких предприятий и с точки зрения сбора данных и использования вычислительной техники, без привлечения которой нельзя решать указанные

выше задачи анализа информации и принятия рациональных решений по безопасности труда.

Но и здесь есть выход и он достаточно очевиден. Во-первых, как правило, все подобные небольшие предприятия можно объединить в достаточно однородные группы по их назначению, то есть **по видам производства или услуг**, а, следовательно, с учётом условий труда и их воздействия на работающих. Таким образом, для таких однородных групп предприятий, как правило, будут одинаковыми меры профилактики и безопасности, которые должны соблюдаться по отношению к персоналу. Скажем, если это торговые организации – они должны учитывать необходимые требования по поддержанию микроклимата в помещениях, а также по обеспечению правил техники безопасности при работе с определенными видами товаров. В случае банковских учреждений, агентств недвижимости, обменных пунктов и т.п. – наиболее существенными вредными факторами могут быть напряженность труда, воздействие компьютерного излучения и трудности, связанные с экономической и моральной ответственностью персонала. Для строительных организаций существуют свои, достаточно разработанные и строгие правила и нормы безопасности труда.

Во-вторых, объединяя предприятия по видам производства, а, следовательно, суммируя численность персонала, можно более объективно анализировать влияние неблагоприятных факторов на показатели травматизма и заболеваемости работающих, обеспечить **достаточный их объем** и, таким образом, статистическую достоверность. Это позволяет выявлять взаимосвязи, строить количественные модели и **базы знаний**, что в свою очередь будет служить **основой для принятия решений по охране труда**.

И, наконец, третье, а возможно это и самое главное. На более высоком уровне объединения предприятий (это может быть уровень муниципалитета, округа, либо города в целом) могут быть изысканы **необходимые возможности** для создания подобной автоматизированной системы с привлечением соответствующих технических средств, специалистов-экспертов и, конечно, материальных ресурсов. Здесь может быть использована информация, обрабатываемая в Единых информационных расчетных центрах (ЕИРЦ), неплохо зарекомендовавших себя в последние годы в системе городского хозяйства.

Описание разработанной автоматизированной системы управления.

На рис. 1 приведена функциональная структура предлагаемой автором автоматизированной системы управления безопасностью и охраной труда (АСУ БиОТ), разработанной для оптимизации мероприятий по охране труда и профилактики заболеваемости работающих. Такая система может быть создана на крупном промышленном предприятии либо для группы более мелких однородных предприятий, имеющих сходные условия труда, профессиональный состав работающих и общее производственное назначение. Примерами таких однотипных предприятий могут служить торговые организации, предприятия ЖКХ, организации по предоставлению ремонтных и сервисных услуг и т.п.

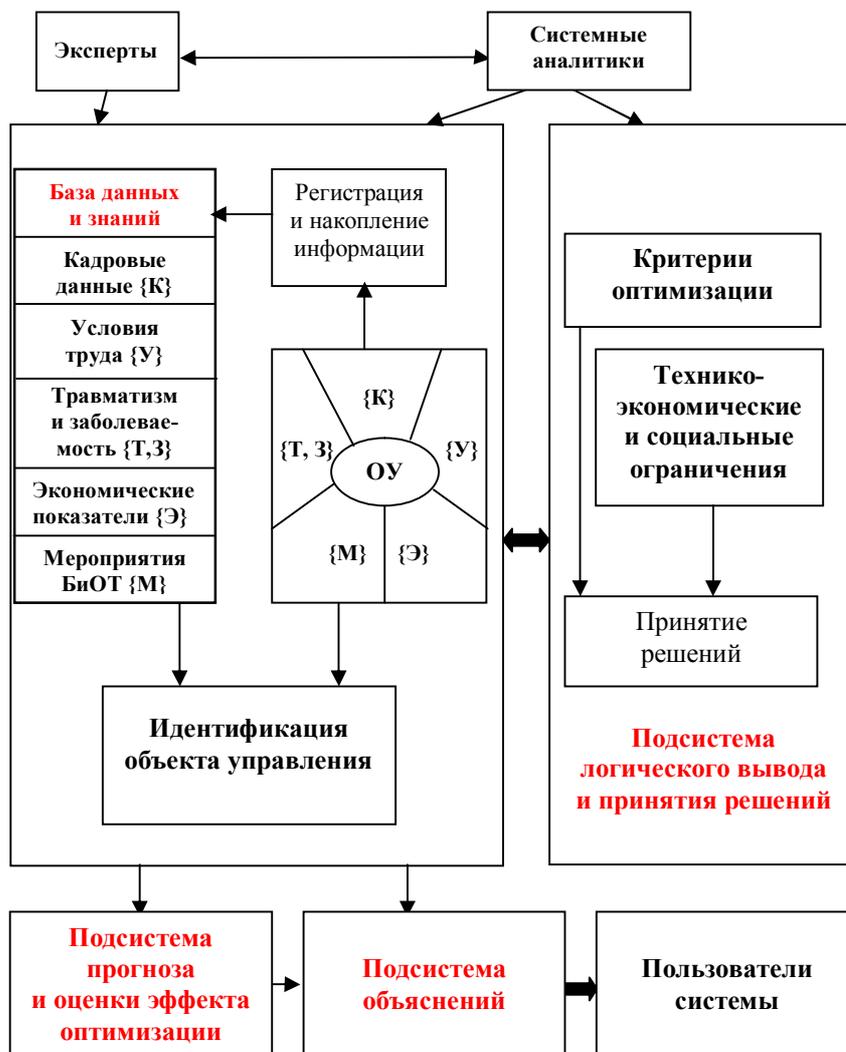


Рис. 1. Функциональная структура автоматизированной системы управления безопасностью и охраной труда на промышленном предприятии

Коротко рассмотрим отдельные подсистемы АСУ БиОТ.

В *базе данных и знаний* текущая информация накапливается в пяти различных фреймах (смысловых разделах).

Фрейм К – данные по кадровому составу работающих (ИНН, пол, возраст, профессия, общий и профессиональный стаж, производственное подразделение и название предприятия). Эти данные могут быть получены в отделе кадров предприятий и должны постоянно отслеживаться подсистемой.

Фрейм У – знания по условиям труда работающих. Здесь может быть несколько видов информации:

- **уровни** опасных факторов и связанные с ними **риски** получить травмы или профессиональные заболевания;
- параметры окружающей среды и их соотношение с нормативами;
- характеристики микроклимата и вредных веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны (в соотношениях с нормой);
- эргономические характеристики рабочих мест и рабочая поза;
- психофизиологические характеристики в том числе тяжесть и напряжённость труда, показатели утомления, психоэмоциональные нагрузки и т.п.

Такая информация должна быть получена на основе аттестации рабочих мест, при этом в базе данных должны содержаться предельно допустимые уровни и концентрации соответствующих вредных и опасных факторов, предельно допустимое время работы в таких условиях и степень превышения этих допустимых величин.

Фрейм Т, З – знания по производственному травматизму, заболеваемости и инвалидности, полученной в связи с неблагоприятными условиями труда. Эта информация поступает на основе актов (форма Н-1), составляемых в результате несчастных случаев, из больничных листов, из данных диспансерного учёта и периодических медицинских обследований. Такие данные могут иметь абсолютное выражение, по числу случаев и дней нетрудоспособности на данном производстве, по профессиональным, возрастным и стажевым группам. Рассчитываемые в базе знаний интенсивные показатели (на 1000 работающих – для показателей травматизма и на 100 работающих – для показателей заболеваемости) позволяют проводить углубленный *анализ* и поиск причин (в подсистеме логического вывода и принятия решений), вызывающих неблагоприятные воздействия на персонал. Этот же фрейм содержит *знания* об инвалидах труда и лицах, имеющих профессиональные заболевания, с привязкой к производству (профессии), работа на котором привела к стойкому нарушению их здоровья.

Фрейм М – знания по мероприятиям безопасности и охраны труда, которые классифицируются по различным группам. Они могут быть направлены на устранение опасных травмирующих факторов, предотвращение, снижение или полное устранение вредных производственных воздействий на здоровье работающих. Мероприятия могут иметь профилактический характер, представлять собой средства индивидуальной либо коллективной защиты. При этом в базе знаний должна содержаться связь конкретных мероприятий с опасными или вредными факторами, против которых они направлены, уровни снижения этих факторов, а также оздоровительный эффект от воздействия мероприятий на работающих. В ряде случаев это может быть целый комплекс неблагоприятных факторов условий труда для конкретных объектов производства и направленных на их устранение мероприятий по безвредности и безопасности.

Фрейм Э – знания по экономическим показателям безопасности и охраны труда. Сюда входят:

- общая сумма ущерба от неблагоприятных условий труда;
- недовыработка продукции в связи с травматизмом и заболеваемостью работающих;
- расходы на выплаты по больничным листам при травматизме и заболеваемости;
- расходы на льготы и компенсации в связи с неблагоприятными условиями труда;
- пенсии по инвалидности, полученной в связи с травмой или профзаболеванием;
- стоимость проводимых и планируемых мероприятий;
- лимитные средства (ограничения), выделяемые на охрану труда;
- прогнозируемая и реальная прибыль, полученная при использовании АСУ БиОТ.

Пользователями АСУ БиОТ могут быть:

- органы государственной статистики;
- техническая инспекция или органы административного надзора, отвечающие за мониторинг условий труда, производственного травматизма и профессиональной заболеваемости;
- городские, окружные или районные санитарно-эпидемиологические службы;
- администрация предприятия;
- отдел техники безопасности и промышленно-санитарная лаборатория;
- службы предприятия, отвечающие за аттестацию рабочих мест и безопасность труда;
- медсанчасть предприятия либо ведомственные или районные медицинские учреждения;
- службы на предприятиях, в окружной или городской администрации, отвечающие за экологию окружающей среды;
- специалисты по социальной психологии.

Пользуясь информацией из базы знаний, пользователи в экстренных случаях проводят оперативную внеплановую работу либо ежемесячно составляют предложения по профилактике заболеваемости и охране труда для их включения в квартальные или годовые планы мероприятий.

Результаты апробации АСУ БиОТ. База знаний (БЗ) работает в двух режимах: информационном и аналитическом. При работе в **информационном** режиме информация из базы знаний регулярно, с периодичностью один раз в месяц, или по специальным запросам поступает к пользователям системы.

При работе БЗ в **аналитическом** режиме с такой же периодичностью (1 раз в месяц) информация из базы знаний поступает в блок **математического моделирования** для идентификации объекта. Здесь рассчитываются и периодически обновляются математические зависимости вида:

$$T_i = f_1(K, Y_r); \quad Z_j = f_2(K, Y), \quad (1)$$

где T_i – показатели i -го вида производственного травматизма ($i = 1, n$);

Z_j – показатели j -й формы заболевания, связанного с производством ($j = 1, m$);

K – данные о кадровом составе работающих;

Y_r – параметры условий труда ($r = 1, R$).

Для идентификации используются методы **выделения главных опасных или вредных факторов**, а также **множественной полиномиальной регрессии**. Проверяется достоверность получаемых зависимостей с использованием статистического критерия χ^2 и критерия Стьюдента.

Результатами идентификации управляемого объекта могут являться регрессионные модели, полученные в плоскости главного опасного или вредного фактора, то есть фактора, оказывающего наибольшее влияние на конкретный показатель травматизма или заболеваемости. Такие модели представлены на рис. 2а и 2б.

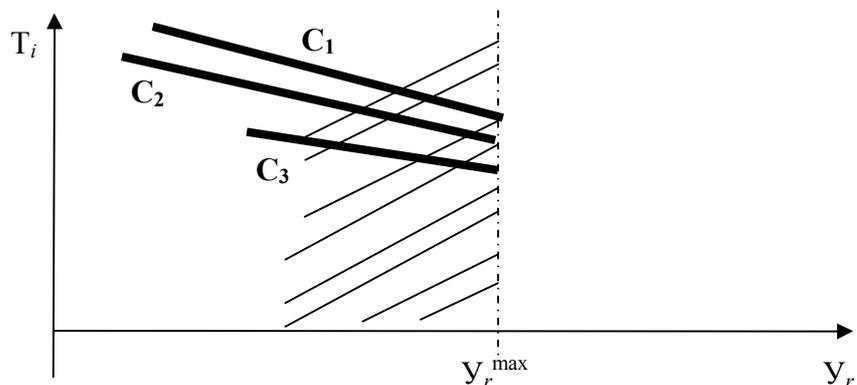


Рис. 2а. Аппроксимация с помощью модели линейной регрессии

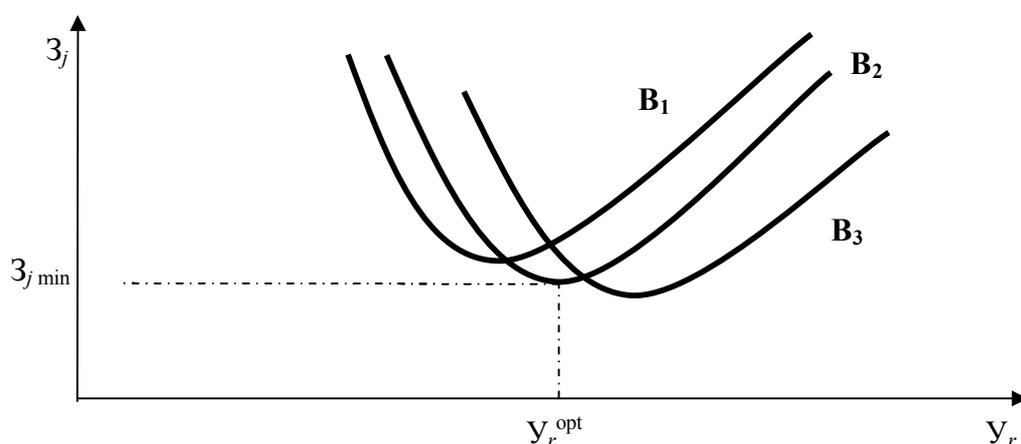


Рис. 2б. Аппроксимация с помощью модели квадратичной регрессии

Графики, показанные на рис. 2а, иллюстрируют зависимость частоты случаев производственного травматизма строителей-монтажников на высотных работах в зависимости от числа используемых ими страховочных устройств при различном стаже работы ($C_1 < C_2 < C_3$).

Модель, приведенная на рис. 2б, аппроксимирует зависимость частоты заболеваний сердечно-сосудистой системы от тяжести труда (величины статической нагрузки) для подсобных рабочих различных возрастных групп ($B_1 > B_2 > B_3$).

Полученные путём идентификации зависимости между показателями травматизма и заболеваемости и влияющими на них неблагоприятными факторами условий труда сохраняются в базе знаний. Далее эти математические зависимости используются в **подсистеме логического вывода и принятия решений** (рис. 3).



Рис. 3. Функциональная структура подсистемы логического вывода и принятия решений

Если статистические зависимости между показателями травматизма (заболеваемости) на производстве и параметрами условий труда, аппроксимированные моделями идентификации, имеют точки явного экстремума, можно вычислить минимальные значения $\{T, Z\}_{\min}$ для конкретных видов травматизма и отдельных форм заболеваний. Если такие зависимости не имеют точек явного экстремума, эти функциональные зависимости могут быть ограничены за счет того, что влияющие факторы, играющие роль сигналов управления, должны лежать в области реально достижимых значений (в силу технико-экономических ограничений).

Тогда для расчета минимально возможных значений отдельного показателя травматизма (заболеваемости) получаем:

$$F_i = \inf T_i, Z_j(\vec{Y}); \vec{Y} \in Y, \quad (2)$$

где F_i – нижняя грань функции показателя производственного травматизма (заболеваемости) $T_i|Z$;

\vec{Y} – вектор параметров условий труда;

Y – множество реально достижимых значений вектора параметров условий труда, на котором решается задача минимизации:

$$(T_i|Z_i)_{\min} = f_{i,j}(\overline{Y^{\text{opt}}}), \quad (3)$$

где $(T_i|Z_i)_{\min}$ – минимально возможный уровень показателя травматизма (заболеваемости) по i -му виду (j -ой форме);

$\overline{Y^{\text{opt}}}$ – оптимальный вектор параметров, минимизирующий показатель травматизма (заболеваемости).

Таким образом, на основе ранее полученных *идентификационных моделей* может быть определен оптимальный $\overline{Y^{\text{opt}}}$, либо реально достижимый $\overline{Y^{\text{рД}}}$ вектор параметров условий труда, минимизирующий уровни производственного травматизма (заболеваемости).

Вернемся к примеру двумерной модели, когда установлена зависимость между конкретным показателем и так называемым главным фактором, то есть параметром условий труда, оказывающим на него наибольшее воздействие. Здесь для минимально возможного показателя травматизма у монтажников-высотников $T_{i \min}$ (рис. 2а) найдено наибольшее реально достижимое число страховочных устройств Y_r^{\max} . Большее их количества невозможно установить в силу экономических и технологических ограничений. Таким образом, слева от величины Y_r^{\max} лежит область реально достижимых значений влияющего фактора.

Для минимального значения показателей сердечно-сосудистых заболеваний $Z_{j \min}$ (рис. 2б) найдено соответствующее оптимальное значение величины статической нагрузки Y_r^{opt} .

Планы мероприятий по обеспечению безопасности труда составляются на основе **классификатора мероприятий**, разработанного для конкретных производственных участков или групп профессий. Мероприятия должны быть спланированы так, чтобы вектор (комплекс факторов) условий труда \overline{Y} достиг своих оптимальных $\overline{Y^{\text{opt}}}$ или реально достижимых $\overline{Y^{\text{рД}}}$ значений.

Классификация мероприятий предполагает, что с их помощью параметры условий труда, соответствующие данному производству или профессии работающих, должны быть приведены к нормативным уровням. Таким образом, классификаторы, выбираемые из базы знаний, должны содержать их привязку к конкретным комплексам факторов условий труда, стоимость их проведения и получаемый в результате оздоровительный (социальный) или экономический эффект.

Для составления оптимальных планов мероприятий используются:

- планы мероприятий по безопасности труда;
- критерии оптимизации;
- технико-экономические ограничения.

Критерии оптимизации могут быть следующими:

- максимальное снижение производственного травматизма и заболеваемости при заданном уровне затрат на создание и эксплуатацию системы управления охраной труда;

- минимальные затраты на создание и эксплуатацию системы при заданном уровне снижения производственного травматизма и заболеваемости;
- минимально возможное время достижения нормативных значений факторов условий труда (при заданном уровне затрат на создание и эксплуатацию системы управления).

При использовании первого критерия оптимальный комплекс мероприятий $\{M^{opt}\}$ будет составлен при условии

$$\forall (T_i|Z_j) \rightarrow \min; \sum d_p \leq D, \quad (4)$$

$$\begin{matrix} i = 1, n \\ j = 1, m \end{matrix} \quad \begin{matrix} p = 1, P \end{matrix}$$

где d_p – стоимость проведения p -го мероприятия;
 P – общее число комплекса оптимальных мероприятий;
 D – выделяемые ресурсы.

В подсистеме прогнозирования и оценки эффективности выполняются следующие действия.

1) На основе моделей идентификации рассчитывают *прогноз* показателей травматизма и заболеваемости через время τ без проведения мероприятий

$$(T_i|Z_j)^{pp(\tau)} = f(\overline{Y^{pp(\tau)}}); i = 1, n; j = 1, m. \quad (5)$$

где $\tau = t_1 + t_2$, t_1 – время реализации оптимальных планов мероприятий $\{M^{opt}\}$, t_2 – время достижения всеми показателями травматизма и заболеваемости своих минимально возможных значений;

$\overline{Y^{pp(\tau)}}$ – вектор прогнозных значений факторов условий труда через время τ без проведения мероприятий.

2) Из базы знаний выбирают значения $(T_i|Z_i)_{min}$ для всех видов производственного травматизма и заболеваемости, по которым работает система управления. Они будут служить *оптимальным прогнозом в случае выполнения оптимальных планов профилактических мероприятий*.

$$(T_i|Z_i)_{min} = f(\overline{Y^{opt pp(\tau)}}); i = 1, n; j = 1, m. \quad (6)$$

3) Вычисляется оздоровительный эффект работы системы по каждому показателю травматизма и заболеваемости:

$$(T_i|Z_i)^{pp(\tau)} - (T_i|Z_i)_{min}; i = 1, n; j = 1, m. \quad (7)$$

4) На основе базы знаний вычисляются прогнозные значения **экономического ущерба** от вредных факторов условий труда \mathcal{E}_p^{pp} , если не будут проводиться профилактические мероприятия, и прогнозные значения минимального экономического ущерба от вредных факторов условий труда \mathcal{E}_{min}^{pp} в случае проведения оптимальных профилактических мероприятий.

5) Оценивается **экономическая эффективность** работы системы АСУ БиОТ как разница между реальным и оптимальным экономическим ущербом:

$$\delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_p^{pp} - \mathcal{E}_{min}^{pp}. \quad (8)$$

Основные выводы

1. Разработан подход к созданию автоматизированной системы управления безопасностью и охраной труда (АСУ БиОТ), которая предназначена для минимизации социально-экономического ущерба от неблагоприятных воздействий производственной среды и планирования оптимальных управляющих решений.

2. Апробирована математическая модель для оценки уровней травматизма и заболеваемости работающих в зависимости от воздействия вредных факторов условий труда, используемая при оптимизации параметров производственной среды и проведения профилактики.

3. Прогнозирование травматизма и заболеваемости на основе математических моделей позволяет оценивать социально-экономическую эффективность АСУ БиОТ.

4. Эффективность АСУ БиОТ определяется уровнем снижения социально-экономического ущерба за счет оптимизации мер профилактики на производственном объекте.

5. Описанная система отвечает социальным требованиям, поставленным руководством нашего государства о повышении безопасности и безвредности современного производства.

6. Предлагается внедрить изложенные методические подходы и программные решения, реализованные в разработанной автоматизированной системе управления охраной труда, на крупных предприятиях и в промышленных регионах Российской Федерации.

Литература

1. *Эндрю А.* Искусственный интеллект / Пер. с англ. М., 1985.
2. *Беленький В.М.* Критерии оптимальности в системе управления безопасностью труда на промышленном предприятии // X Всесоюзное совещание по проблемам управления: Тезисы докладов. Кн. 2. Алма-Ата, 1986. С. 57-58.
3. *Villemain F.-Y.* Ontologies – based relevant information retrieval, 1999. <http://www.cnam.fr/f-gv>.
4. *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Интеллектуальные информационные системы: Учебник. М.: Финансы и статистика, 2004.
5. *Беленький В.М.* Разработка и внедрение экспертных систем на промышленных предприятиях. М.: Изд-во УРАО, 2006.