

**На правах рукописи**

**ТУУЛЬ Елена Анатольевна**

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ  
ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ**

**Специальность 05.13.10 – Управление  
в социальных и экономических системах**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Уфа 2007**

Работа выполнена на кафедре вычислительной математики и кибернетики  
Уфимского государственного авиационного технического университета

Научный руководитель	канд. техн. наук, доц. <b>ФРИДЛЯНД Александр Михайлович</b>
Официальные оппоненты	д-р техн. наук, проф. <b>ИСМАГИЛОВА Лариса Алексеевна</b>
	канд. техн. наук, доц. <b>АБРАМОВА Марина Вадимовна</b>
Ведущая организация	Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН

Защита состоится « 27 » апреля \_\_\_\_\_ 2007 г. в 10 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12, УГАТУ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «     » \_\_\_\_\_ 2007 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.

В.В. Миронов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Уровень благосостояния страны определяется уровнем социальной защищенности ее граждан и состоянием трудового потенциала общества на данный момент, что, в свою очередь, непосредственно связано с жизненным уровнем населения, а, значит, и со здоровьем людей.

Под здоровьем индивида понимается динамическое состояние (процесс) сохранения и развития его биологических, физиологических и психологических функций, оптимальной трудоспособности и социальной активности при максимальной продолжительности активной жизни. Здоровье популяции — это процесс социально-исторического развития биологической и психосоциальной жизнеспособности населения в ряду поколений, повышения трудоспособности и производительности коллективного труда. Он управляется и гарантируется социальными институтами общества благодаря социально-экономическому механизму, который фактически является системой жизнеобеспечения.

Анализ статистических данных последних лет выявил тенденцию увеличения количества заболеваний, связанных с загрязнением окружающей среды. С точки зрения общественного воспроизводства это означает необоснованный рост общественных затрат без адекватной отдачи.

Также выявлено, что у экологически обусловленных заболеваний имеется особенность, которая существенно влияет на экономический аспект заболеваемости. Заболевания, связанные с качеством окружающей среды, протекают дольше, их лечение с течением времени становится дороже, а полного восстановления утраченных показателей здоровья добиться современными медицинскими средствами пока не удастся. Необходимо учитывать и потери, связанные с пониженной работоспособностью заболевшего на начальной стадии заболевания и в период адаптации на рабочем месте после перенесенной болезни, а также с необратимыми изменениями в состоянии здоровья (хронические заболевания).

Поддержание здоровья на некотором заданном уровне в настоящее время требует больших материальных, финансовых и трудовых затрат. Это приводит к тому, что здоровье становится в ряд с другими экономическими категориями. Для его нормального воспроизводства необходим комплекс мер, направленных на обеспечение безопасного развития производства и на восстановление утраченных показателей здоровья.

В течение многих лет в нашей стране развивалась и поддерживалась только клиническая медицина, тогда как профилактическая была незаслуженно забыта. В настоящее время профилактика заболеваемости является важнейшей задачей здравоохранения, его основным направлением. Одной из целей приоритетного национального проекта «Здоровье», реализуемого при активной поддержке Президента РФ, является «развитие профилактической направленности здравоохранения».

Большую роль в профилактике заболеваний рабочих крупных промышленных предприятий играют санатории-профилактории, имеющиеся при предприятиях. В настоящее время ситуация с финансированием

профилакториев складывается таким образом, что выделенных денег не всегда достаточно для проведения профилактических мероприятий в полном объеме.

Основными традиционными направлениями развития научно-исследовательских работ являются:

1) разработка моделей многофакторного воздействия среды обитания и жизнедеятельности человека на заболеваемость (исследование моделей вида «загрязнение – заболеваемость», «загрязнение – смертность», «загрязнение – продолжительность жизни»);

2) исследование механизмов влияния профилактических мероприятий на заболеваемость и разработка на этой основе методических и нормативных документов различного уровня (исследование моделей вида «профилактические мероприятия – оздоровительный эффект»);

3) разработка моделей управления и распределения ресурсов в системе здравоохранения.

Анализ современного состояния исследований по данной проблеме указывает на отсутствие единой методологической основы взаимоувязки антропогенного воздействия на различные природные среды, заболеваемости, профилактических мероприятий и оздоровительного эффекта от их проведения.

Исходя из этого, становится актуальным создание общей модели вида «загрязнение – заболеваемость – профилактические мероприятия – оздоровительный эффект» с учетом возможных ограничений по объему финансирования. Актуальной также является разработка методики планирования профилактики заболеваемости, которая позволит достичь наибольшего снижения заболеваемости по сравнению с другими способами планирования.

### **Цель и задачи исследований**

Целью работы является разработка механизма планирования профилактики заболеваемости работников промышленных предприятий на основе математической модели в условиях финансовых ограничений.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать математическую модель оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании.

2. Разработать метод решения задачи управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости.

3. Разработать методику планирования профилактики заболеваемости на промышленных предприятиях.

4. Разработать программное обеспечение, автоматизирующее процесс составления оптимального комплекса профилактических мероприятий.

5. Исследовать эффективность предложенной методики планирования профилактики заболеваемости.

### **Объект исследования**

Система профилактики заболеваемости работников промышленных предприятий.

### **Предмет исследования**

Процесс управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости.

### **Результаты, выносимые на защиту**

На защиту выносятся следующие научные положения и практические результаты.

1. Математическая модель оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании.

2. Метод решения задачи управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости.

3. Методика планирования профилактики заболеваемости на промышленных предприятиях. Результаты исследований эффективности применения методики на примере нефтеперерабатывающего промышленного центра с использованием разработанного программного обеспечения.

### **Научная новизна результатов**

1. Новизна разработанной математической модели оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании заключается в том, что в рамках одной модели интегрально учитывается взаимосвязь загрязнения окружающей среды, уровня заболеваемости, объема финансирования, направленного на проведение профилактических мероприятий, и оздоровительного эффекта от них.

2. Новизна разработанного метода решения задачи управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости основана на доказанном факте локализации оптимального решения на границе области допустимых значений, что позволяет снизить трудоемкость вычислений.

3. Новизна методики планирования профилактики состоит в том, что выбор профилактических мероприятий осуществляется не только на основании данных о текущей заболеваемости, но и на прогнозе ожидаемой заболеваемости работников. Кроме того, методика позволяет учитывать ограничения организационно-экономического и технического характера при проведении профилактических мероприятий.

### **Практическая ценность и внедрение результатов**

Практическую ценность представляют:

1. методика, которая позволит усовершенствовать управление системой профилактики заболеваемости на промышленном предприятии;

2. программное обеспечение на основе предложенной методики, которое позволит оптимизировать распределение ограниченных финансовых ресурсов для снижения заболеваемости выделенной социальной группы (работники промышленных предприятий).

Работа выполнена в рамках НИР ИФ-ВК-01-07-03 "Исследование и разработка интеллектуальных технологий поддержки принятия решений и управления на основе инженерии знаний".

Результаты работы использованы в практической деятельности цехового отделения городской клинической больницы №18 г. Уфы.

### **Апробация работы и публикации**

Результаты работы и отдельные ее разделы докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах.

- Международная молодежная научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы управления и обработки информации» (Уфа, 2001 г.).
- Первая международная конференция сети ВОЗ стран Восточной Европы по проблемам комплексного управления здоровьем работающих (Уфа, 2003 г.).
- Региональная зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых (Уфа, 2006 г.).
- Семинары кафедры вычислительной математики и кибернетики Уфимского государственного авиационного технического университета.

По теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе одна статья в издании, рекомендованном ВАК.

### **Структура работы**

Диссертационная работа изложена на 109 страницах и включает в себя введение, четыре главы основного материала, заключение, библиографический список и приложения. Библиографический список включает 129 наименований.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** к диссертации обоснована актуальность решаемой научной проблемы; сформулированы цель и задачи исследования; приведены результаты, выносимые на защиту; отмечена их научная новизна и практическая значимость. Приведены сведения об апробации работы и публикациях.

**В первой главе** проведен аналитический обзор работ, связанных с исследованием и прогнозированием показателей здоровья в условиях неблагоприятной экологической обстановки, а также с планированием профилактики заболеваемости. Рассмотрены модели управления в области здравоохранения.

В ходе проведения аналитического обзора удалось выяснить, что большинство исследователей склоняются к использованию аппарата корреляционного и регрессионного анализа для определения степени влияния факторов загрязнения окружающей среды на заболеваемость. Существует множество схожих публикаций в этом направлении, отличающихся между собой географической областью исследования, рассматриваемыми социальными группами, перечнем видов заболеваемости и набором загрязнителей (М.С. Шабдарбаева и др. (1990), А.С. Бабаджанов (1989), В.В. Таранов, Р.А. Федорченко (1998)). Наряду со статистическими методами в

некоторых комплексных исследованиях используются биохимические и другие методы. Так, например, в книге под ред. чл.-корр. АН РБ, профессора Л.М. Карамовой (2002) содержатся результаты специальных клинических, эпидемиологических, медико-биологических, медико-статистических исследований группы рабочих, имевших производственный контакт с диоксинами.

Проведенный аналитический обзор показал, что публикации, посвященные планированию профилактики заболеваемости, в большинстве своем носят рекомендательный характер. Авторы этих работ не преследуют цели оптимизировать план профилактических мероприятий и не приводят математической формализации. Их рекомендации находят отражение в методических и нормативных документах различного уровня. Так, например, в работе В.М. Щербакова (1996) с помощью онкологического банка данных на основе дифференциальной оценки онкологической ситуации в районах Воронежской области разработаны рекомендации по первичной профилактике заболеваний с учетом воздействия на «управляемые» факторы риска.

Проблема распределения ресурсов, направленных на проведение профилактических мероприятий, раскрывается в работе д-ра техн. наук О.Я. Кравца (Воронежский государственный технический университет). Рассматривается задача оптимального управления, которая позволяет в рамках выделенных ресурсов осуществить комплекс лечебно-профилактических и организационных мероприятий, направленных на улучшение здоровья населения отдельно взятой территории. Однако, эта модель не в полной мере отвечает поставленным в настоящей работе целям (по социальной направленности, способу учета проведения профилактических мероприятий), поэтому ее эффективно применять на муниципальном и региональном уровнях.

На основании проведенного обзора сделан вывод о том, что вопросы разработки систем управления в области здравоохранения на государственном уровне проработаны в значительной степени (Л.А. Дартау, В.Н. Захаров, Л.Я. Бухарбаева). Так, в институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН разработан подход, направленный на создание государственной модели управления здоровьем, а созданная на его основе «Компьютерная технология и система ЭДИФАР» является комплексом методологических и организационных мероприятий, а также технических средств по оперативному обнаружению (и мониторингу) изменений в здоровье населения на местах с целью адекватного управления и финансирования.

Таким образом, проблема повышения эффективности управления качеством трудовых ресурсов на уровне промышленного предприятия является мало изученной и требует разработки механизма планирования профилактики заболеваемости работников на основе математического моделирования.

**Во второй главе** рассмотрены факторы, влияющие на заболеваемость, исследована зависимость заболеваемости от выбросов промышленных предприятий. Приводится постановка задачи управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости.

Для поиска функциональной зависимости наиболее типично применение метода регрессионного анализа. Известно, что метод множественной линейной регрессии применяется, прежде всего, для предсказания значений зависимой переменной  $Y$  через независимые переменные  $X_i$ . Однако в ряде работ делаются попытки применения методов множественной линейной регрессии для анализа связи между заболеваемостью и уровнями загрязнения отдельными химическими веществами, для ранжирования загрязнителей по степени воздействия на заболеваемость и т.д.

Проведенные в рамках настоящей работы исследования подтверждают мнение некоторых ученых о наличии определенных трудностей при использовании метода множественной регрессии в отношении задачи выявления взаимосвязи заболеваемости и загрязнения окружающей среды.

Анализ полученных уравнений множественной регрессии показывает наличие в них отрицательных коэффициентов. При прямой трактовке получается, что увеличение концентрации загрязнителя снижает общую заболеваемость. Причиной появления отрицательных коэффициентов уравнений множественной регрессии является отсутствие у них предметного смысла и, как следствие, возможность появления любых (по величине и знаку) коэффициентов. Таким образом, предметное содержание задачи вступает в серьезные противоречия с объективной действительностью. Избежать трудностей при решении задач данного типа позволяет построение модели простой регрессии от каждого загрязнителя в отдельности или использование интегрального показателя состояния окружающей среды в качестве единого влияющего фактора.

Для определения причинно-следственных связей между факторами и степени их влияния на заболеваемость используется методология когнитивного моделирования как инструмента системных исследований.

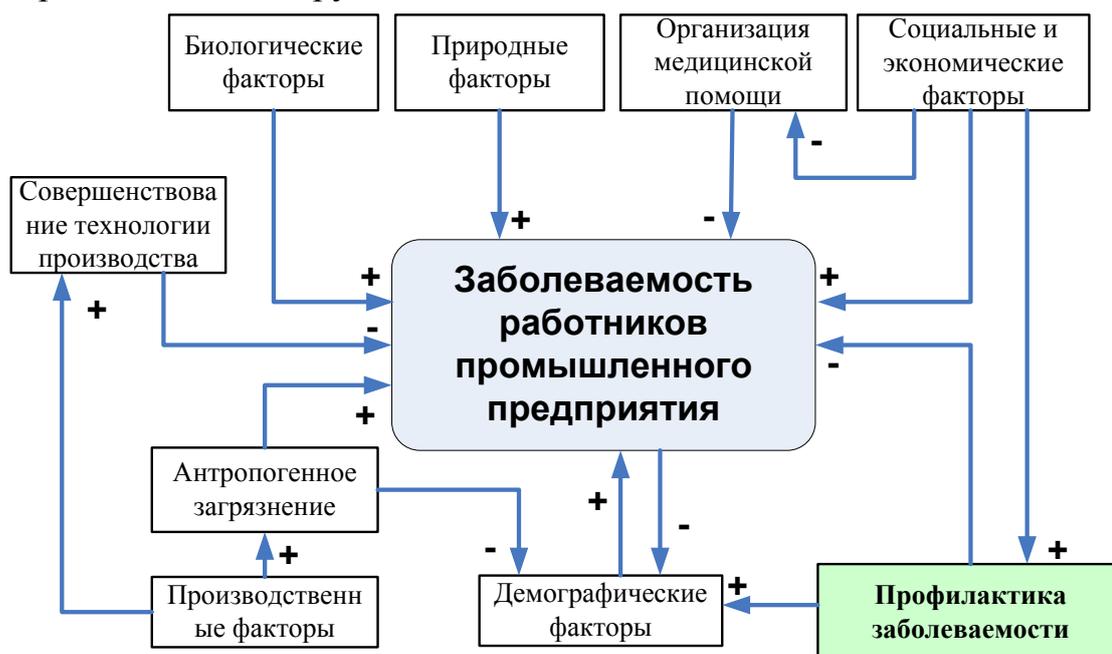


Рисунок 1. Когнитивная модель, отражающая факторы влияния на заболеваемость работников и их взаимосвязь

Для работников промышленных предприятий среди факторов, увеличивающих заболеваемость, наибольшую значимость имеет антропогенное загрязнение. Снижение этого вредного воздействия возможно за счет усиления факторов, имеющих обратную причинно-следственную связь с заболеваемостью (знак «-» на соответствующей дуге). Среди факторов, снижающих заболеваемость, наибольший потенциальный эффект имеет фактор «совершенствование технологии производства». Однако, переход на новые технологические линии производства осуществляется с интервалами в несколько десятилетий и требует колоссальных затрат. В рамках настоящей работы фактор «профилактика заболеваемости» рассматривается как основной механизм улучшения здоровья работников.

«Социально правильным» вариантом является подход, при котором на основании данных об ожидаемом уровне заболеваемости определяется необходимый комплекс профилактических мероприятий, позволяющий минимизировать общую заболеваемость. Затем подсчитываются необходимые для реализации этого комплекса мероприятий затраты и включаются в план на предстоящий год. Но в реальности этой связи нет, и объем финансирования на эти цели определяется по остаточному принципу. В этих условиях необходимо подобрать такой комплекс профилактических мероприятий, при котором объем выделенных средств будет рационально использован.

Исходя из этого, разработана следующая постановка задачи: *определить комплекс планируемых к проведению профилактических мероприятий, позволяющий минимизировать общую заболеваемость, при заданном ограничении на объем финансирования.* При такой постановке задачи рассматривается двухконтурная система управления, схема которой приведена на рисунке 2.

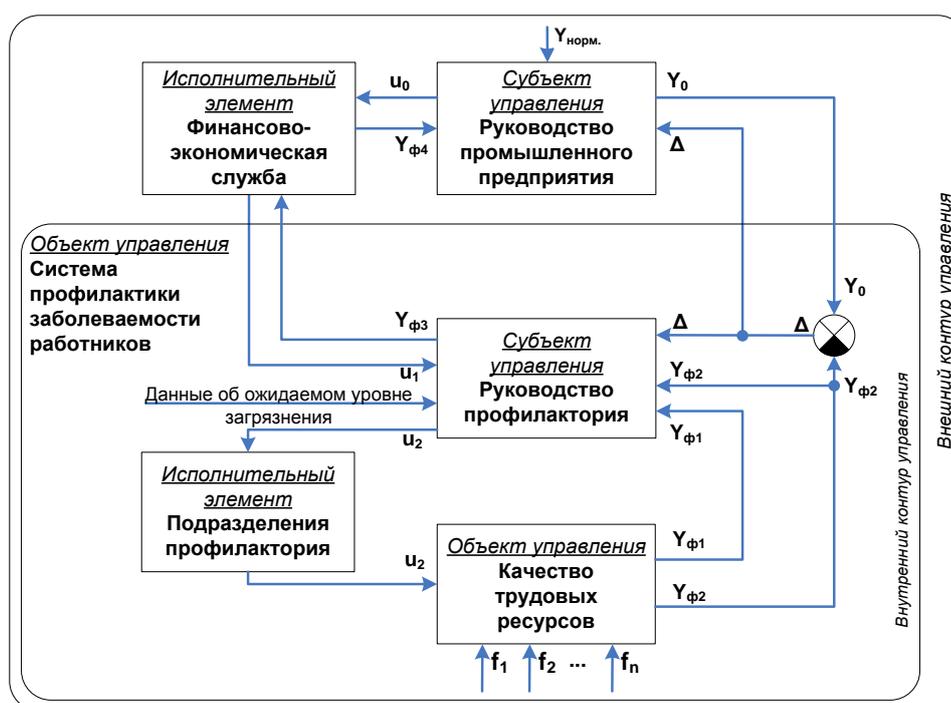


Рисунок 2. Схема системы управления качеством трудовых ресурсов промышленного предприятия

На рисунке 2 используются следующие обозначения:

- $u_0$  – параметры общего бюджета предприятия;
- $u_1$  – годовой объем финансирования, выделенный на оздоровление работников предприятия;
- $u_2$  – комплекс профилактических мероприятий;
- $Y_0$  – плановое значение количества дней временной нетрудоспособности;
- $Y_{\phi 1}$  – данные о количестве случаев заболеваемости по каждому виду заболеваний;
- $Y_{\phi 2}$  – суммарное количество дней временной нетрудоспособности работников;
- $Y_{\phi 3}$  – отчетные данные по использованию выделенных средств;
- $Y_{\phi 4}$  – консолидированный отчет по исполнению бюджета предприятия за период;
- $Y_{норм.}$  – законодательные и иные нормативные документы со стороны органов государственной власти, в том числе их изменения;
- $\Delta$  – отклонение фактического значения количества дней временной нетрудоспособности от планового значения ( $\Delta = Y_{\phi 2} - Y_0$ );
- $f_1, f_2, \dots, f_n$  – факторы, влияющие на заболеваемость (загрязнение окружающей среды, социальные факторы и т.д.).

Внешний контур включает в качестве объекта управления систему профилактики заболеваемости работников предприятия; субъектом управления является руководство предприятия, которое управляет объектом посредством финансирования мероприятий, направленных на оздоровление работников.

Во внутреннем контуре объектом управления является качество трудовых ресурсов, а субъектом управления – руководство профилактория, осуществляющее планирование профилактики заболеваемости. Таким образом, комплекс профилактических мероприятий является механизмом управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий.

Эффективность процесса управления обеспечивается комбинация принципов компенсации и обратной связи, что позволяет достичь быстроты реакции системы управления на возмущение и точность регулирования.

Во внутреннем контуре субъект управления принимает решения не только на основании данных, полученных по обратной связи от объекта, но и на основе дополнительных внешних данных (ожидаемый уровень загрязнения), что позволяет заранее компенсировать предстоящие возмущающие воздействия и повысить эффективность управления. Управляющее воздействие  $u_2$  откорректировано таким образом, чтобы учитывать заболеваемость в соответствии с ожидаемыми изменениями концентрации различных загрязняющих веществ.

**В третьей главе** рассматривается задача управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости работников.

В настоящее время профилактории при промышленных предприятиях

могут выполнять достаточно широкий спектр профилактических мероприятий для работников предприятий. Пусть  $M$  – количество типов профилактических мероприятий (ПМ). ПМ характеризуются следующими параметрами:

- *эффективностью* применения для различных видов заболеваемости (наиболее типичный случай, когда ПМ оказывается эффективным одновременно для нескольких видов заболеваний);
- *стоимостью* проведения одной процедуры;
- *допустимым количеством применения*.

Для решения задачи управления качеством трудовых ресурсов предложена новая математическая модель оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании.

Области допустимого применения модели.

1. Социальные ограничения. Социальная группа – работники крупного промышленного центра.

2. Территориальные ограничения. Территория промышленного центра (рабочие зоны и непосредственно прилегающие к ним склады, административные здания и т. п.).

Опишем основные зависимости:

$$z_i = z_{fi} + z_{gi}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $N$  – количество видов заболеваемости, шт.;

$z_i$  – заболеваемость  $i$ -го вида, случаев / 1000 чел. в год;

$z_{gi}$  – техногенная заболеваемость  $i$ -го вида (заболеваемость, вызванная воздействием загрязнителей), случаев / 1000 чел. в год;

$z_{fi}$  – фоновая заболеваемость  $i$ -го вида (складывается под влиянием всех остальных факторов), случаев / 1000 чел. в год.

С учетом фактора снижения заболеваемости при проведении профилактических мероприятий формула для остаточной заболеваемости примет вид:

$$z_{ri} = (z_{fi} + z_{gi}) * (1 - r_i), \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где  $z_{ri}$  – остаточная заболеваемость  $i$ -го вида, случаев / 1000 чел. в год,

$r_i$  – коэффициент снижения для  $i$ -го вида заболеваемости,  $0 \leq r_i \leq 1, i = \overline{1, N}$ .

Если  $r_i = 0$ , то снижения заболеваемости нет: профилактические мероприятия либо совсем не проводились, либо не оказывают влияния на данный вид заболеваемости. Если  $r_i = 1$ , то, благодаря профилактике, удалось полностью исключить случаи заболеваемости по данному виду. Значения  $r_i$  между 0 и 1 соответствуют частичному снижению заболеваемости.

Для определения коэффициента  $r$  для конкретного вида заболеваемости необходимо оценить вклад от каждого профилактического мероприятия, т.к.

при проведении нескольких различных процедур возникает комбинированный оздоровительный эффект. Кроме того, профилактические мероприятия по-разному влияют на отдельные виды заболеваемости. Формализация комбинированного эффекта (расчет коэффициентов  $r_i$ ) может быть произведена несколькими способами. Ниже приводится вариант, полученный при следующих допущениях:

а) если проведенное количество профилактических мероприятий меньше максимально возможного, то эффект снижения заболеваемости прямо пропорционально уменьшается;

б) эффект снижения для одного вида заболеваемости от нескольких профилактических мероприятий рассчитывается следующим образом: если курсы профилактик проводятся последовательно, то каждый следующий курс снижает заболеваемость, оставшуюся после проведения предыдущих.

$$r_i = 1 - \prod_{j=1}^M \left[ 1 - e_{ij} \frac{p_j}{p_j^\circ} \right], i = \overline{1, N}, \quad (3)$$

где  $M$  – количество типов профилактических мероприятий, шт.;

$p_j$  – количество проведенных  $j$ -го ПМ в год, шт.;

$p_j^\circ$  – максимально допустимое количество проведенных  $j$ -го ПМ в год, шт.;

$e_{ij}$  – коэффициенты снижения заболеваемости при проведении максимально допустимого количества курсов профилактических мероприятий.

Чтобы оценить оздоровительный эффект от всего комплекса проведенных оздоровительных мероприятий, необходим критерий, обобщающий их положительное влияние на отдельные виды заболеваемости. В качестве такого критерия может быть использовано общее количество дней временной нетрудоспособности (больничных дней) сотрудников  $S$ .

Таким образом, в рассматриваемой модели целевой функцией будет

$$S = \sum_{i=1}^N \left[ d_i (z_{fi} + z_{gi}) \prod_{j=1}^M \left[ 1 - e_{ij} \frac{p_j}{p_j^\circ} \right] \right] \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $d_i$  – среднее кол-во дней временной нетрудоспособности для  $i$ -го вида заболеваемости, дн./сл.

Поиск решений осуществляется при ограничениях:

1) на используемые ресурсы

$$\sum_{j=1}^M p_j c_j \leq F, \quad (5)$$

где  $F$  – выделенный объем финансирования на одного работника, руб./чел.;

$c_j$  – стоимость проведения одного курса  $j$ -го ПМ, руб.;

2) на количество проводимых мероприятий

$$p_j \leq p_j^\circ, \quad j = \overline{1, M}. \quad (6)$$

Чем меньше количество больничных дней, тем более верно подобрана программа профилактических мероприятий при заданном бюджетном ограничении. Основным ограничением в рассматриваемой модели является условие непревышения бюджетом профилактических мероприятий объема выделенного финансирования.

Задача относится к классу задач нелинейного целочисленного программирования, т.к. целевая функция нелинейная и  $p_j, j=1, \dots, M$  – целые числа. Проведение релаксации с помощью линейного программирования некорректно.

Рассматриваемая в работе задача является задачей дискретной оптимизации небольшой размерности. Количество различных типов профилактических мероприятий  $M$  обычно не превышает 30. Для решения задачи можно использовать переборный алгоритм.

С целью сокращения перебора предлагается осуществить предварительную локализацию оптимального решения в пространстве допустимых вариантов и только потом осуществить перебор всех решений.

Предлагается осуществить локализацию перебираемых решений на границе  $B$ , определяемой ограничениями задачи:  $\sum_{j=1}^M p_j c_j \leq F$  и  $p_j \leq p_j^\circ, \quad j = \overline{1, M}$ .

*Определение:* Точка  $P_B$  называется граничной, если для  $\forall k, k = \overline{1, M}$  выполняется одно из условий:

$$1) p_k < p_k^\circ \text{ и } c_k > F - \sum_{j=1}^M p_j c_j; \quad (7)$$

$$2) p_k = p_k^\circ, \quad (8)$$

т.е. невозможно увеличение любой из координат точки  $P_B$  без нарушения ограничений задачи.

В работе сформулировано и доказано следующее утверждение.

**Утверждение 1.** Минимум функции цели в поставленной задаче достигается в одной из граничных точек.

Таким образом, для отыскания оптимального решения задачи достаточно перебрать все точки на границе  $B$ . Поиск осуществляется с помощью рекурсивной процедуры, последовательно перебирающей точки на границе, вычисляя в каждой значение целевой функции. Предложенный метод локализации области перебора программно реализован.

В работе проведен сравнительный анализ двух моделей: известной (модель оптимального управления факторами, влияющими на улучшение здоровья населения) и предложенной (модель оптимизации комплекса

профилактических мероприятий при ограниченном финансировании). В обоих случаях преследуется одна и та же цель – поиск оптимального комплекса профилактических мероприятий, но для ее достижения используются различные целевые функции и механизмы оценки эффективности профилактических мероприятий.

Таблица 1

## Сравнительный анализ моделей

<b>Критерий сравнения</b>	<b>Модель оптимального управления факторами, влияющими на улучшение здоровья населения (известная модель)</b>	<b>Модель оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании (предложенная модель)</b>
<b>Область применения</b>	Отдельно взятая территория	Территория промышленного центра (помещения рабочих зон и непосредственно прилегающие к ним)
	Население территории	Работники крупного промышленного центра с вредным производством
<b>Целевая функция</b>	Синтетический интегральный показатель, характеризующий степень благоприятности ситуации	Общее количество дней временной нетрудоспособности (больничные дни)
<b>Учет видов заболеваний</b>	Заболевания по каждому виду не рассматриваются. Оценивается общая ситуация.	Учитываются заболевания по каждому виду. Используются данные прогнозирования заболеваемости.
<b>Учет эффективности профилактик</b>	Рассматриваются только два «крайних» варианта (мероприятие «проводится» или «не проводится»).	Возможно определение эффективности от частично проведенного мероприятия
<b>Ограничения</b>	Общий бюджет мероприятий	Общий бюджет мероприятий

Из приведенного в таблице 1 сравнения видно, что модели различаются областью применения. Однако, предложенная модель оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании имеет ряд преимуществ: учет по каждому из видов заболеваний в отдельности, использование прогнозных значений по заболеваемости для качественного планирования профилактических мероприятий, предметный смысл функции цели. В свою очередь, модель оптимального управления факторами, влияющими на улучшение здоровья населения, позволяет охватить все население территории, а не только работников промышленных центров. В обеих моделях используются одинаковые по смыслу ограничения – общий бюджет мероприятий.

В работе сделан вывод, что для практического применения разработанной математической модели оптимизации комплекса профилактических мероприятий при ограниченном объеме финансирования требуется определение последовательности выполняемых действий – выработка методики.

Предложенная в настоящей работе методика состоит из следующих последовательно выполняемых шагов.

1. Определение ожидаемого уровня загрязнения окружающей среды в районе промышленного предприятия. Базируется на данных планирования производственной программы на предстоящий период.

2. Прогнозирование заболеваемости сотрудников.

3. Определение перечня профилактических мероприятий и их параметров (эффективность, стоимость, максимально возможное количество проведенных).

4. Решение оптимизационной задачи. Определение оптимального комплекса профилактических мероприятий.

5. Составление план-графика проведения профилактических мероприятий, в том числе по структурным единицам предприятия.

В случае невозможности выполнения рекомендованного комплекса (по организационным, техническим или иным причинам) необходимо осуществить коррекцию параметров, задаваемых на шаге 3, и провести повторное решение оптимизационной задачи.

**В четвертой главе** рассмотрено применение методики планирования комплекса профилактических мероприятий для оздоровления работников нефтеперерабатывающего промышленного центра г. Уфы.

Рассматривались следующие классы заболеваний: органов дыхания, органов пищеварения, кожи и подкожной клетчатки, костно-мышечной системы и соединительной ткани, системы кровообращения.

Использовался перечень профилактических мероприятий, проводимых санаторием-профилакторием, в том числе: массаж (ПМ\_1), ванны (ПМ\_2), витаминотерапия (инъекции) (ПМ\_3), электрофорез (ПМ\_4), ингаляции (ПМ\_5), ЛФК (ПМ\_6), фитотерапия (ПМ\_7).

Для всех ПМ были определены коэффициенты снижения заболеваемости по видам. Стоимость проведения ПМ взята из официального прейскуранта цен санатория-профилактория. Все исходные данные, использованные в работе, приведены в приложениях к диссертационной работе.

Основным этапом методики является определение оптимального комплекса профилактических мероприятий. Здесь определяющее влияние оказывает ограничение по финансированию. Так, при нулевом финансировании (вариант № 1, табл. 5) ожидаемое количество дней временной нетрудоспособности составляет 4 294 на 1000 человек, а количество случаев заболеваемости 354 на 1000 человек, т.е. снижения ожидаемого уровня заболеваемости нет. Противоположным случаем является вариант № 2 – выделяется финансирование, достаточное для проведения полного комплекса профилактических мероприятий (28 880 руб. на одного работника). При этом потенциально достигается сокращение уровня заболеваемости (113 случаев на 1000 человек). В реальных условиях финансирование редко бывает достаточным. Следовательно, необходимо определить, как наилучшим образом освоить выделенные средства. Для лица, принимающего решение в этой

ситуации, необходим способ, с помощью которого он количественно определяет составляющие комплекса профилактических мероприятий. В качестве такого способа может быть использована экспертная оценка или пропорциональное снижение интенсивности (количества) проведения профилактических мероприятий.

В таблице 2 приводится сравнение вариантов с использованием пропорционального снижения интенсивности (вариант № 3), модели оптимального управления факторами, влияющими на улучшение здоровья населения, (вариант № 4) и предложенной модели выбора оптимального комплекса профилактических мероприятий (вариант № 5).

Таблица 2

## Сравнение вариантов проведения мероприятий

Вариант	Без проведения проф. мероприятий	Вариант при максимальном количестве проведенных мероприятий	Пропорциональное снижение интенсивности мероприятий (известная модель №1)	Модель оптимального управления факторами, влияющими на улучшение здоровья населения (известная модель №2)	Модель оптимизации КПМ при ограниченном финансировании (предложенная модель)
№ варианта	1	2	3	4	5
Кол-во дней временной нетрудоспособности, дней/1000 чел	4 294	1 395	1 979	2 016	1 760
Стоимость, руб.	0	28 880	14 440	14 440	14 440
Количество ПМ, шт.					
ПМ_1	0	4	2	0	1
ПМ_2	0	4	2	4	3
ПМ_3	0	12	6	12	11
ПМ_4	0	8	4	0	7
ПМ_5	0	4	2	4	3
ПМ_6	0	6	3	6	2
ПМ_7	0	12	6	12	11
Остаточная заболеваем., сл./1000 чел	354	113	162	161	145

Как видно из таблицы 2, одинаковые по стоимости проведения мероприятий варианты № 3, 4 и 5 обеспечивают различное снижение заболеваемости и, следовательно, количество дней временной нетрудоспособности (2016 – для варианта № 4, 1 979 для варианта № 3 и 1 760 для варианта № 5). Таким образом, полученный с помощью предложенной методики комплекс профилактических мероприятий (вариант № 5) на 12,4% эффективнее, чем использование способа пропорционального снижения интенсивности применения. Эффективность определяется по количеству дней временной нетрудоспособности. На рисунке 3 приведено сравнение эффективности предложенной модели с известными при различных сценариях финансирования.

В условиях недостаточного финансирования (сценарии 2, 3 и 4) предложенная методика позволяет достичь большего снижения временной нетрудоспособности.

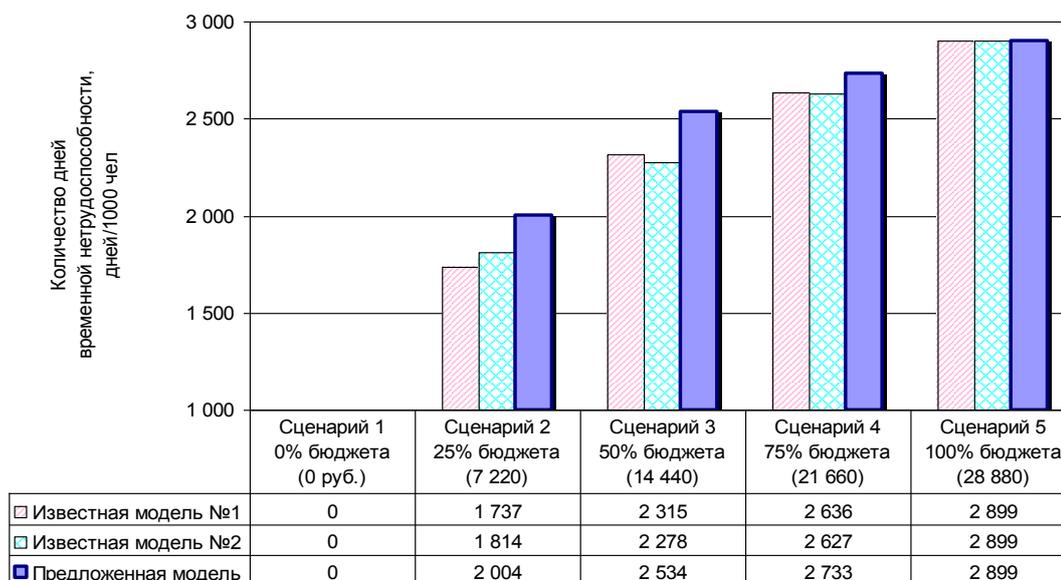


Рисунок 3. Снижение дней временной нетрудоспособности при различных сценариях финансирования

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель оптимизации комплекса профилактических мероприятий в условиях ограниченного финансирования, в рамках которой учитываются причинно-следственные связи между производственными факторами, загрязнением окружающей среды, заболеваемостью и профилактическими мероприятиями. Показаны преимущества разработанной модели применительно к социальной группе (работники промышленного предприятия).

2. Разработан метод решения задачи управления качеством трудовых ресурсов промышленных предприятий на основе планирования профилактики заболеваемости. В рамках поставленной задачи сформулировано и доказано утверждение: минимум функции цели достигается в одной из граничных точек. Предварительная локализация оптимального решения в пространстве допустимых вариантов позволила сократить количество перебираемых решений задачи по сравнению с переборным методом.

3. Разработана методика планирования профилактики заболеваемости на промышленных предприятиях, отличительной особенностью которой является использование данных об ожидаемом уровне заболеваемости работников, а также учет ограничений организационно-экономического и технического характера при проведении профилактических мероприятий.

4. Разработано программное обеспечение, реализующее предложенную методику, что позволяет автоматизировать процесс составления оптимального комплекса профилактических мероприятий.

5. Выполнены исследования эффективности применения методики планирования профилактики заболеваемости работников нефтеперерабатывающего промышленного центра г. Уфы. Полученное общее количество дней временной нетрудоспособности на 12,4% меньше по сравнению с другими способами планирования.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

### *В рецензируемых изданиях из списка ВАК*

1. Задача планирования комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании / Е.А. Тууль, А.М. Фридлянд // Вестник УГАТУ : научн. журнал Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2006. Т. 8. № 2 (18). С. 161–165.

### *В других изданиях*

2. Моделирование воздействия метеоусловий и факторов загрязнения окружающей среды на динамику заболеваемости / Е.А. Тууль // Интеллектуальные системы управления и обработки информации : матер. междунар. молодежн. науч.-техн. конф. Уфа : УГАТУ, 2001. С. 131.

3. Влияние метеоусловий и факторов загрязнения окружающей среды на динамику заболеваемости / А.М. Фридлянд, Е.А. Тууль // Принятие решений в условиях неопределенности : межвуз. научн. сб. Уфа : УГАТУ, 2002. С.75–82.

4. Моделирование воздействия метеоусловий и факторов загрязнения окружающей среды на динамику заболеваемости / А.М. Фридлянд, Е.А. Тууль // Компьютерные науки и информационные технологии : труды междунар. конф. Уфа. 2003. С. 277–280. (Статья на англ. яз.).

5. Математические аспекты изучения зависимости заболеваемости населения от социальных факторов / Е.А. Тууль // Матер. первой междунар. конф. сети ВОЗ стран Восточной Европы по проблемам комплексного управления здоровьем работающих. Уфа. 2003. Т.2. С. 178.

6. Проблемы применения регрессионного анализа при нахождении зависимости заболеваемости от загрязнения окружающей среды / Е.А. Тууль // Принятие решений в условиях неопределенности : межвуз. научн. сб. Уфа : УГАТУ, 2004. С.195–199.

7. Планирование профилактических мероприятий для снижения заболеваемости в условиях загрязнения окружающей среды при ограниченном финансировании / Е.А. Тууль, А.М. Фридлянд // Интеллектуальные системы обработки информации и управления : сб. статей рег. зимней шк.-сем. аспирантов и молодых ученых. Уфа : Издательство «Технология», 2006. Т. 1. С. 194–200.

8. Планирование комплекса профилактических мероприятий при ограниченном финансировании [Электронный ресурс] / Е.А. Тууль // СЭТС/Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, организация. Набережные Челны : Камская гос. инж.-экон. академия (КамПИ). 2006. № 9 (25) 6 с.

ТУУЛЬ Елена Анатольевна

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ  
ПРОФИЛАКТИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ

Специальность 05.13.10 – Управление  
в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати . Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии УГАТУ  
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12