

Жалковский В.В., Шарипова С.А., Жараспаев М.Т.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ

УДК: 331.45

The Offered methods of the development of the optimum programs of the reduction of the production risk, connected with bad production factor, directed on minimization of the intensities and dose of the influence dangerous and bad production factor.

Зиянды өндірістік факторларға байланысты туындайтын өндірістік қауіпті төмендетудің қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсер ету жылдамдығы мен мөлшерін минимализациялауға бағытталған тиімді бағдарламасын өңдеу әдістемесі ұсынылған.

Здоровье и безопасность на рабочем месте являются важнейшими вопросами, которые могут быть решены за счет профилактических мер, осуществляемых с помощью всех имеющихся в распоряжении средств — законодательных, технических, научно-исследовательских, информационных и экономических. Исходя из этого положения и построена система управления охраной труда - СУОТ.

Очевидно, что система анализа риска является составной частью СУОТ. Управление риском может осуществляться несколькими путями: абсолютный контроль, принцип ALARA, применение концепции «De Minimis» и «адекватного запаса безопасности» [1].

Абсолютный контроль - это снижение риска до нуля. Этот подход используется в случае существования реальной возможности полного предотвращения воздействия неблагоприятного фактора, например, особо опасного химического вещества путем запрета его производства и применения. Однако управление охраной труда путем запретов в практической работе достаточно ограничено. Принцип ALARA - снижение риска до технически и экономически достижимого разумного уровня. Вместе с тем, убедительные аргументации понятий «достижимость», «разумность» пока отсутствуют. Применение принципа ALARA должно обязательно сопровождаться оценкой возможных ущербов для здоровья, так как в противном случае невозможно оценить соотношения «затраты - выгода». Следует подчеркнуть также, что использование соотношения «затраты - выгода» для обоснования мероприятий по охране труда противоречит принципам гуманности. Исходя из этих принципов должны устраняться все выявленные риски, а не только те, для которых соотношения «затраты - прибыль» имеют минимальные значения. Концепция «De Minimis» предусматривает снижение риска до такого уровня, который воспринимается абсолютно всеми как практически нулевой. «Адекватный запас

безопасности» - это установление риска на приемлемом для каждого индивидуума и общества в целом уровне. Решение о выборе того или иного пути управления риском, принимается для каждой конкретной ситуации в отдельности на основании реальных расчетов и оценок. Однако, методики этих расчетов и оценок, приемлемые для практического использования, не приводятся.

Управление риском состоит из четырех элементов: 1) сравнительная оценка и ранжирование рисков; 2) определение уровней приемлемости риска; 3) выбор и обоснование стратегии снижения и контроля риска; 4) принятие управленческих (регулирующих) решений.

Сравнительную оценку и ранжирование рисков проводят с целью установления приоритетов, а именно, выделения круга вопросов, требующих первоочередного внимания, определения вероятности развития нарушений состояния здоровья и анализа их причинной обусловленности, углубленной характеристики неблагоприятных последствий и ущербов состоянию здоровья. Однако, выявление причин, дающих наибольший риск, само по себе еще не даст оснований считать, что устранением этих причин надо заниматься в первую очередь.

При анализе приемлемости риска учитывают результаты экономического анализа (выгода от использования конкретного мероприятия; расходы, связанные с его внедрением; возможность осуществления контролирующих мер с целью уменьшения потенциального негативного воздействия на здоровье человека и т.п.), а также политические и социальные факторы (восприятие риска различными группами населения и т.п.). Границы риска (естественные) - диапазон между 10^0 , что соответствует вероятности заболеваемости на душу $\Sigma >$ населения, и 10^6 , что соответствует нижнему уровню риска природной катастрофы или другой серьезной опасности [2]. В настоящее время нет жестких требований по установлению уровней риска. Очевидно, что ликвидировать риск развития заболеваний невозможно, но свести к минимуму составляющую от ОВПФ вполне реально.

Элемент определения приемлемости риска завершается принятием одного из трех возможных решений [1]: риск приемлем полностью (такой вывод, в частности, может быть сделан, если уровень вредного фактора не превышает ПДУ), риск условно приемлем (если уровень вредного фактора несколько превышает ПДУ, но затраты на приведение фактора в

допустимые пределы весьма велики и экономически никак не могут быть оправданы), риск полностью неприемлем (уровень фактора существенно превышает ПДУ, нанос значительный вред здоровью и окружающей среде).

В двух последних случаях необходимо переходить к третьему элементу системы управления риском - выбору и обоснованию стратегии снижения риска.

Этот элемент состоит в определении путей уменьшения риска при заданных ограничениях на затраты времени и ресурсов и предусматривает выбор мероприятий, в наибольшей степени способствующих минимизации или устранению риска. Кроме того, в задачи управления риском входит выбор стратегии динамического (периодического или постоянного) мониторинга экспозиций и рисков.

Четвертый этап - выработка управленческих решений - включает в себя определение, а при необходимости и разработку конкретных нормативных актов (законов, постановлений), обязательных к исполнению документов. Он является логическим завершением всех предшествующих элементов управления риском, и сводится к процессу принятия решения на основе концепции риска.

Важной составляющей СУОТ, является планирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда. Каждое профилактическое мероприятие по охране труда имеет свою стоимость и социальный эффект. Если этот эффект рассматривать как своего рода «прибыль», учесть все затраты на осуществление соответствующего профилактического мероприятия, то отношение «затраты/прибыль» для разных мероприятий будет различным. Неизбежно встает проблема выбора. При этом дополнительно нужно иметь в виду, что объем финансовых ресурсов, выделяемых на цели охраны труда, как правило, ограничен. Возникает достаточно очевидная задача: определить такой набор мероприятий, который обеспечивал бы максимальный социальный (оздоровительный) эффект и укладывался бы в ограничения бюджета.

Конечно, этот подход не отвергает необходимости принятия срочных мер, если по каким-либо причинам на каком-то рабочем месте создалась угрожающая обстановка.

В любой системе управления можно выделить объект управления, орган управления, управляющие решения. Объектом управления в охране труда являются производственная среда, здания и сооружения, производственное оборудование, участники работ. Именно улучшение их состояния и подготовки по всем направлениям, связанным с обеспечением безопасности, и есть главная цель управляющих решений. Эти решения должны быть реализованы на объекте

управления. Тогда они становятся управляющими воздействиями.

В некоторых странах отношение «затраты/эффект» используется как основание для выбора приоритетных мероприятий - считается, что чем меньше это отношение, тем эффективнее соответствующее мероприятие [1]. Однако если под эффектом понимают экономические выплаты по несчастным случаям и профзаболеваниям, то, очевидно, что такой подход вступает в противоречие с концепцией, суть которой в том, что в основе профилактической работы по охране труда должно быть стремление к максимальному улучшению условий труда, снижению существующих профессиональных рисков.

Нельзя не учитывать и того, что серьезные мероприятия по охране труда не могут выполняться без предварительной подготовки, без необходимой проектно-сметной документации, без комплектующих изделий, которые должны быть предварительно заказаны у специализированных организаций. Все это означает, что работа по охране труда должна вестись в плановом порядке на основе обоснованных перспективных и годовых планов.

Организации должны определить и документально оформить программу улучшения условий и охраны труда. Однако, какие-либо рекомендации по форме, порядку подготовки, содержанию этой программы в документе отсутствуют. СУОТ организации должна предусматривать планирование показателей условий и охраны труда и их контроль. Вместе с тем, сами эти показатели не указываются. Из изложенного следует, что вопросы планирования снижения производственных рисков до стадии конкретных практических рекомендаций и методик не разработаны. Поэтому проблема планирования снижения производственных рисков, внедрения в этой области идей оптимизации продолжает оставаться актуальной.

Улучшение условий производственной среды, снижение тяжести и напряженности труда - представляется как одна из важнейших задач управления охраной труда. В связи с постоянным ростом объемов производства, реконструкцией и модернизацией предприятий, изменениями в нормативной базе охраны труда, эта задача должна решаться также постоянно, а соответствующие решения должны обеспечивать улучшение условий труда, снижение производственных рисков.

Было установлено, что число заболеваний работников находится в прямой зависимости от дозы воздействия ОВПФ $D = I \cdot T$. Из определения дозы воздействия следует, что ее уменьшение возможно по двум направлениям: уменьшение интенсивности /воздействия ОВПФ и снижение времени воздействия Г. Уменьшение интенсивности воздействия I, достигается либо снижением

балльных оценок риска x_i , либо уменьшением числа лиц, работающих во вредных и опасных условиях труда.

Вместе с тем все задачи улучшения условий и охраны труда при их , практической постановке могут решаться только при учете имеющихся финансовых возможностей, то есть сумма затрат w_i на устранение имеющихся ОВПФ ограничена объемом статьи бюджета конкретного предприятия, направляемой на цели охраны труда. Изложенной задаче соответствует следующая модель:

$$D = [I = f(x_i; N_i)] T_i \rightarrow \min$$

$$\sum_{i=1}^n w_i \leq w_6$$

где w_6 - объем статьи бюджета, предусмотренной для целей охраны труда;

$I = f(x_i; N_i)$ - функция, связывающая интенсивность I с балльными оценками риска x_i , и числом работников N_i .

Если подставить в модель (А) формулу (3.28), то получим

$$D = \sum_{i=1}^n (x_i N_i) T_i \rightarrow \min \quad (Б)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i \leq w_6$$

где T_i - продолжительность воздействия i -ого ОВПФ.

Балльные оценки риска x_i , очевидно, связаны с затратами w_i . Как показывают расчеты затрат на устранение некоторых ОВПФ, эта связь может быть линейной, то есть имеем

$$x_i = x_{ni} - b_i * w_i \quad (1)$$

где x_{ni} - начальная оценка производственного риска (по данным АРМ); b_i - коэффициент затрат, определяемый для i -ого мероприятия как:

$$b_i = \frac{x_{ni} - x_{ni}}{w_{ni}} \quad (2)$$

где x_{ni} - планируемая балльная оценка, при выходе на оптимальные условия $x_{ni} = 1$, на допустимые - $x_{ni} = 2$, определение x_{ni} должно быть предметом рассмотрения в каждом конкретном случае; кроме того, если, например $x_{ni} = 5$, а $x_{ni} = 3$, то соответствующее мероприятие может быть весьма целесообразным; w_{ni} - плановые затраты (по данным смет, калькуляций) на устранение i -ого ОВПФ.

С учетом выражений (1) и (2) модель Б преобразуется к виду

$$D = \sum_{i=1}^n \left[x_{ni} - \frac{x_{ni} - x_{ni}}{w_{ni}} w_i \right] N_i T_i \rightarrow \min$$

$$1. \sum_{i=1}^n w_i \leq w_6 \quad (В)$$

$$2. 0 \leq w_i \leq w_{ni}$$

Или

$$D = \left[\sum_{i=1}^n (x_{ni} N_i T_i) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ni} - x_{ni}}{w_{ni}} N_i T_i w_i \right) \right] \rightarrow \min \quad (Г)$$

$$1. \sum w_i \leq w_6$$

$$2. 0 \leq w_i \leq w_{ni}$$

Второе ограничение в моделях В и Г учитывает то, что затраты w_i на устранение ОВПФ не могут превышать плановые w_{ni} , определяемые по смете затрат на каждое мероприятие.

Обозначим сумму произведений $\sum_{i=1}^n x_{ni} N_i$

= I_0 через I_0 . Очевидно, что I_0 - начальная (на момент начала периода планирования) интенсивность воздействия ОВПФ, получаемая по данным АРМ.

Выражение $\left(\frac{x_{ni} - x_{ni}}{w_{ni}} N_i \right) = B_i$ характеризует

по существу снижение производственного риска на единицу затрат, обеспечиваемое с помощью i -ого мероприятия. Те мероприятия, для которых значения B_i больше, должны осуществляться в первоочередном порядке. Такой вывод непосредственно следует из целевой функции модели Г.

В модели Г искомыми величинами или управляемыми переменными являются величины T_i (время выполнения i -ого мероприятия) и w_i (затраты на выполнение i -ого мероприятия). При такой постановке задачи модель Г становится нелинейной относительно управляемых переменных, что усложняет ее практическое использование. В связи с этим целесообразно упрощение модели, путем перехода от минимизации дозы D к минимизации интенсивности воздействия i . Из выражения $D = I \cdot T$ ясно, что минимизация интенсивности / обеспечивает и минимум дозы D . Время же реализации профилактических мероприятий T_i определяется исходя из того, что бюджет $m > v$ всегда задается на конкретный период времени (несколько лет, один год, квартал). В пределах известного периода планирования время T_i определится исходя из значения B_i : мероприятия, для которых B_i больше, выполняются в первоочередном порядке. А суммируя затраты w_{ni} и сопоставляя эти

затраты с бюджетом на один и последующие кварталы, легко уточнить время Г, С учетом изложенного модель Г преобразовывается к виду

$$I = I_0 - \sum_{i=1}^n B_i \cdot w_i \rightarrow \min$$

$$1. \sum w_i \leq w_6$$

$$2. 0 \leq w_i \leq w_n$$

Модель Д позволяет решать различные задачи планирования улучшения условий и охраны труда. При этом требуемая исходная информация включает: x_{ni} , N_i , w_{ni} , w_6 и период планирования Г. Задачу удобно решать в табличной форме - см. табл. 4.1. В ней рассмотрен также условный пример, иллюстрирующий методику получения оптимального решения. В табл. 4.1 подстрочный индекс kf обозначает следующее: k - очередность выполнения мероприятия в оптимальном варианте (может быть использован двузначный код); i - порядковый номер мероприятия в первой колонке табл. 4.1; b - снижение интенсивности воздействия ОВПФ с помощью i-ого мероприятия.

В общем случае оценки x_{ni} и x_{ni} могут быть дробными (например, степень вредности условий труда находится между 3.1 и 3.2), что и отражено в условном примере.

В приведенном примере принято, что $I_6=340$ тыс. д.е., программа улучшения условий труда разрабатывается на 1 год. Финансирование распределяется равномерно по кварталам, то есть на один квартал выделяется $340000/4=85$ тыс.д.е. Из табл. 1 видно, что на все мероприятия требуется 330 тыс.д.е., что меньше выделенного годового бюджета на цели охраны труда. Однако

финансирование выделяется равномерно по кварталам - на один квартал 85 тыс.д.е., что делает актуальным поиск оптимальных сроков выполнения мероприятий.

Из табл. 1 следует, что мероприятия 6, 7 и 3 должны выполняться в первом квартале, 5 и 1 — во втором, 2-е - во втором и, частично, в третьем кварталах (так как бюджет на два квартала составляет $85000 \cdot 2 = 170000$ д.е., а требуется с учетом 2-го мероприятия 177 тыс.д.е.), 4-е и 8-е мероприятия необходимо выполнять в 3-м квартале, а 9-е мероприятие - в 4-м.

Уменьшение интенсивности воздействия ОВПФ ΔI_{ki} нарастающим итогом показано в 12-й графе табл. 1 и на рис. 1. Ломаная линия на этом рисунке указывает остаточную интенсивность воздействия ОВПФ - после реализации соответствующих мероприятий в оптимальной последовательности. Площадь под этой линией представляет остаточную дозу воздействия ОВПФ. После 1-го квартала интенсивность i воздействия ОВПФ уменьшится на $(32+100,2+7,5)=139,7$ ед. и, таким образом, получаем $I_{ост1} = 483-139,7 = 343,3$ ед. После второго квартала интенсивность воздействия уменьшится еще на $(32+12,1 +20)=64,1$ ед., а остаточная интенсивность будет $I_{ост2}=I_{ост1}-64,1=279,2$ ед. В третьем квартале выполняются мероприятия 4 и 8 и, соответственно, интенсивность уменьшится на $(8+27,7)=35,7$ ед., а остаточная интенсивность будет $I_{ост3}=I_{ост2}-35,7=279,2-35,7=243,5$ ед. В 4-м квартале выполняется мероприятие 8, интенсивность воздействия уменьшается на 24 ед., остаточная интенсивность будет равна $I_{ост4}=I_{ост3}-24=243,5-24=219,5$ ед. Приведенные выше результаты расчетов отражены в 14-й графе табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оптимальная программа улучшения условий и охраны труда

| Номер(и) и наименование мероприятий | x_{hi} | N_i | $I_{от} = x_{hi} * N_i$ | x_{ni} | w_{ni} | $B_i = \frac{x_{hi} - x_{ni}}{w_{ni}} * N_i$ | оптимальный порядок выполнения мероприятий | B_{ki} | $W_{отт}$ | $W_{отт}$ нарастающим итогом | $\Delta I_{ki} = B * w_{отт}$ | ΔI_{ki} нарастающим итогом, м | Оптимальный срок реализации мероприятий | $I_{ост}$ |
|---|----------|-------|-------------------------|----------|----------|--|--|----------|-----------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| 1. устройство местной вентиляции | 4 | 6 | 24 | 2 | 18000 | 0,00067 | 16 | 0,002 | 16000 | 16000 | 32 | 32 | Первый квартал | - |
| 2. повышение эффективности | 3,5 | 20 | 70 | 2,5 | 35000 | 0,00057 | 27 | 0,00167 | 60000 | 76000 | 100,2 | 132,2 | Первый квартал | - |
| 3. применение акустических экранов | 3 | 15 | 45 | 2,5 | 8000 | 0,00094 | 33 | 0,00094 | 8000 | 84000 | 7,5 | 139,7 | Первый квартал | 343,3 |
| 4. установка звукоизолирующих кожухов | 3 | 4 | 12 | 1 | 14000 | 0,00057 | 45 | 0,0008 | 40000 | 124000 | 32 | 171,7 | Второй квартал | - |
| 5. установка звукоизолированного поста управления | 5 | 8 | 40 | 1 | 40000 | 0,0008 | 51 | 0,00067 | 18000 | 142000 | 12,1 | 183,8 | Второй квартал | - |
| 6. устройство местного освещения | 3 | 16 | 48 | 1 | 16000 | 0,002 | 62 | 0,00057 | 35000 | 177000 | 20 | 203,8 | Второй квартал | 279,2 |
| 7. модернизация общего освещения | 3,5 | 40 | 140 | 1 | 60000 | 0,00167 | 74 | 0,00057 | 14000 | 191000 | 8 | 211,8 | Третий квартал | - |
| 8. Герметизация оборудования для уменьшения пылевыведения | 4 | 14 | 56 | 2 | 59000 | 0,00047 | 88 | 0,00047 | 59000 | 250000 | 27,7 | 239,5 | Третий квартал | 243,5 |
| 9. внедрение средств механизации погрузочно-разгрузочных операций | 4 | 12 | 48 | 2 | 80000 | 0,0003 | 99 | 0,0003 | 80000 | 330000 | 24 | 263,5 | Четвертый квартал | 219,5 |
| Суммы | - | - | 486 | - | 330000 | - | - | - | 330000 | 330000 | 263,5 | 263,5 | - | - |

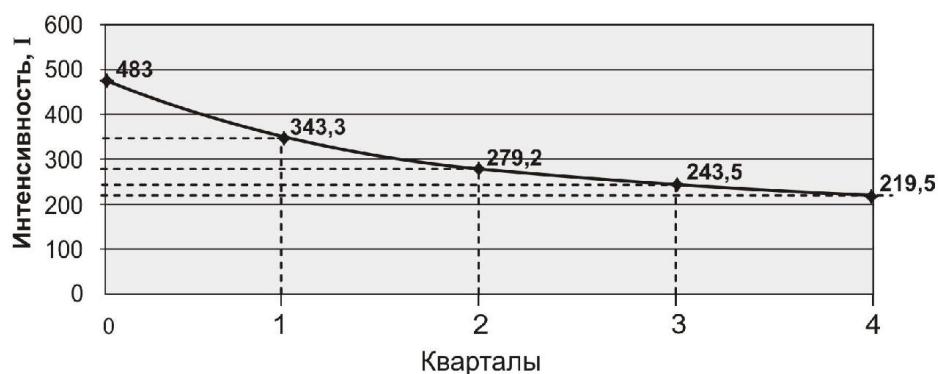


Рис. 1. Изменение интенсивности воздействия ОВПФ и дозы воздействия.

Из рис. 1 следует, что мероприятия с более высокими значениями коэффициентов B , выполняемые в первоочередном порядке, обеспечивают быстрое снижение общей интенсивности и дозы воздействия ОВПФ. Менее эффективные по социальной отдаче мероприятия предложенная методика «отодвигает» на более поздние сроки. Соответственно этому уменьшается и общая социальная отдача. Может наступить условие, при котором затраты на мероприятия по улучшению условий и охраны труда окажутся больше экономического эффекта, получаемого за счет этого улучшения. В таких случаях целесообразно вложение средств не в улучшение условий труда при существующих технике и технологиях, а поиск и внедрение принципиально новых видов техники и технологий, не допускающих возникновение опасных и вредных факторов и их воздействие на персонал в процессе работы.

По данным, указанным на рис. 1, может быть вычислена остаточная доза $D_{ост}$ воздействия ОВПФ на конец планируемого периода. Очевидно, она равна:

$$D_{ост} = \frac{483 + 343.3}{2} \cdot \frac{1}{4} + \frac{343.3 + 279.2}{2} \cdot \frac{1}{4} + \frac{279.2 + 243.5}{2} \cdot \frac{1}{4} + \frac{243.5 + 219.5}{2} \cdot \frac{1}{4} = 304.3 \text{ ед}$$

Если бы мероприятия по улучшению условий и охраны труда не выполнялись, то доза воздействия оказалась бы за год $D = 483 - 1 = 483$ ед. Таким образом, остаточная доза (304,3 ед.) уменьшена на 37%. На такую же величину, может быть уменьшено число заболеваний работников.

Литература:

1. Кукин П.П., Лапин В. Л., Пономарев Н.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. Пособие для вузов. - 2-е изд. испр. и доп. М.: Высш. шк., 2001. - 319 с.
2. Ушаков К.Э., Каледина Н.О., Кириин Б.Ф., Сребный М.А. Безопасность жизнедеятельности - М., 2000. - 430с