

$$t_{\text{ост}} = t'_i \left[ \frac{\frac{1}{\Delta U_{\text{пр}}^{\alpha_{\text{св}}}}}{\frac{1}{\Delta U_i^{\alpha_{\text{св}}}}} - 1 \right]. \quad (6)$$

Таким образом, использование компьютерных технологий при постановке диагноза технического состояния такой сложной системы,

как трансмиссия, позволяет устранить субъективный фактор, снизить трудоемкость процесса диагностирования и повысить достоверность результатов, что в конечном итоге позволит с большей точностью назначать сроки ремонта и снизить последствия выхода из строя отдельных узлов трансмиссии.

УДК 656.13:338(075.8)

## ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

КОРЖИЦКИЙ Д. Л.

*Белорусский национальный технический университет*

Одной из функций управления предприятием является планирование персонала, которое можно представить в виде трехэтапного процесса [1...3], состоящего из оценок: имеющегося коллектива работников; будущих потребностей в них и разработки проекта удовлетворения будущих потребностей в рабочей силе.

Под планированием персонала понимают систему комплексных решений, позволяющих обеспечить реализацию потребности предприятия в персонале в количественном, качественном, временном и пространственном аспектах, подобрать людей, способных решать поставленные задачи, обеспечить необходимый уровень квалификации работников, их активное участие в деятельности организации [1...3].

В практике управления персоналом в странах Европы выделяют следующие подразделы его планирования [4]: определение состава, потребности, набора, высвобождения, использования, изменений, развития персонала, а также затрат на него. Однако такое подразделение достаточно изменчиво и зависит от особенностей предприятия. Кроме того, следует оценивать влияние эффективности использования персонала на экономические результаты работы предприятия, поэтому предлагается укрупненная структура, включающая следующие виды планирования:

- использование персонала;
- потребности в персонале;
- развитие персонала;
- затраты на персонал;
- человеческий фактор производственной системы.

Основной целью планирования потребности в персонале является определение качественной и количественной потребностей, обуславливающих производительность предприятия в настоящий момент и в будущем [3]. Планирование персонала тесно связано с другими видами планирования на предприятии. Именно от количества персонала и предполагаемой интенсивности его использования зависит большинство показателей работы предприятия. Определить оптимальную структуру численности работников с целью достижения его эффективного функционирования можно следующим образом. Пусть  $U$  – показатель эффективности функционирования предприятия, и на величину  $U$  могут оказывать влияние факторы  $Z_i, \dots, Z_n$ , под которыми будем понимать удельный вес отдельных категорий работников в общей численности работающих на данном предприятии. Таким образом, всего таких групп будет  $n$ .

С помощью методов множественного корреляционно-регрессионного анализа можно построить функцию отклика

$$U = C_0 + C_1 Z_1 + \dots + C_n Z_n + \sum C_{ik} Z_i Z_k. \quad (1)$$

Функция (1) позволяет прогнозировать величину  $U$  и в области неопределенности.

С помощью выражения  $C_{ik} Z_i Z_k$  можно оценить эффект совместного влияния факторов  $Z_i$  и  $Z_k$  на показатель эффективности  $U$ .

В результате этих вычислений можно дать ответы на вопросы:

1. Влияет ли удельный вес той или иной категории работников на показатель эффективности  $U$ ?

2. Есть ли эффект взаимодействия удельных весов работников различных категорий?

Для нахождения оптимальной структуры работников различных категорий необходимо учитывать, что получение исходной информации в области неопределенности связано с большими трудностями, основными из которых являются следующие:

- варьирование численности работников различных профессий на предприятии может привести к серьезным отрицательным экономическим последствиям;

- резкое увеличение или сокращение численного персонала может иметь отрицательные социальные последствия.

Поэтому для решения задачи определения оптимальной структуры работников предприятия предлагается организовать пошаговую процедуру, в основе которой лежит метод крутого восхождения в теории планирования оптимальных экспериментов.

На первом этапе в области определенности на основе имеющихся исходных данных и эвристической информации строится функция (1), отражающая влияние структуры работников предприятия на его эффективность. При этом проверяется ее адекватность с помощью проверки соответствующей гипотезы.

На втором этапе вычисляется градиент функции (1)

$$\text{gradu} = \{\partial u / \partial z_1, \dots, \partial u / \partial z_n\}. \quad (2)$$

Он дает направление изменения структуры персонала предприятия, ведущего к улучшению его функционирования.

На третьем этапе из точки, характеризующей современное состояние дел, т. е. вектора  $(U_0, Z_{10}, \dots, Z_{n0})$ , проводится корректировка структуры численности в соответствии с направлением градиента с выбираемым шагом. Осуществляется сбор данных. В новой точке  $(U_1, Z_1, \dots, Z_{n1})$  должно осуществляться соотношение  $U_0 < U_1$ . Если оно не выполняется, то

либо соотношение (1) неадекватно, либо выбран слишком большой шаг.

На четвертом этапе в новой области  $M_i$  ищется решение следующей задачи:

$$U \rightarrow \max \text{ при } Z < M_1.$$

В наиболее простом случае область  $M_1$  – это многомерный параллелепипед.

Если точка оптимума лежит на границе области  $M_1$ , то существует возможность улучшить показатели функционирования предприятия за счет улучшения структуры персонала. Для этого нужно повторить этапы с 2-го по 4-й. Если максимум достигается внутри области  $M_1$ , то в сложившихся условиях изменение структуры персонала нецелесообразно.

Для реализации поставленной задачи в качестве критерия эффективности примем показатель прибыли от перевозок, приходящейся на одного среднесписочного работника. На этот показатель влияют все структурные элементы персонала предприятия, поэтому имеет место функция

$$U = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5), \quad (3)$$

где  $X_1$  – удельный вес других служащих (технических исполнителей) в общей численности работников, %;  $X_2$  – то же специалистов в общей численности работников, %;  $X_3$  – то же руководителей в общей численности работников, %;  $X_4$  – то же ремонтных рабочих в общей численности работников, %;  $X_5$  – удельный вес водителей в общей численности работников, %.

Для определения вида уравнения множественной регрессии (3) были собраны и обработаны данные по 22 автотранспортным предприятиям, выполняющим грузовые перевозки и расположенным в различных областях республики.

После вычисления уравнение связи данной зависимости имеет вид

$$\begin{aligned} U = & 36050,86 - 330,055X_1 - 333,008X_2 - \\ & - 408,702X_3 - 348,494X_4 - 359,158X_5 - \\ & - 0,23288X_4X_5 + 0,006439X_3X_4 + \\ & + 0,045478X_2X_3X_4 + 1,526666X_2X_3 - \\ & - 0,03303X_2X_3X_5 - 0,41257X_2X_5 + 0,006199X_3X_4 + \\ & + 0,5343187X_3X_5 - 1,83368X_2X_4 - 0,19932X_5X_1 - \\ & - 0,2988X_1X_2 - 0,57402X_4X_1 + 0,026346X_2X_5X_4. \end{aligned} \quad (4)$$

Проверка гипотезы адекватности полученной модели по критериям Фишера и Стьюдента, а также по коэффициенту детерминации (значение его составило 0,92) дала положительный результат.

Значение коэффициента множественной регрессии  $C_0 = 36050,86$  характеризует величину влияния на показатель прибыли в расчете на одного работника других факторов (фондовооруженности, эффективности использования материальных и финансовых ресурсов и др.). Значения коэффициентов  $C_1, \dots, C_5$  характеризуют зависимость изменения показателя  $U$  от изменения удельного веса отдельных категорий работников на 1 %, коэффициенты  $C_{ik}$  – от совместного изменения удельных весов отдельных категорий работников, которые тесно коррелируют между собой.

Следующим этапом поиска оптимального значения функции  $U = f(X_i)$  является определение направления улучшения значения данной функции при изменении параметров каждой переменной  $X_i$ . С этой целью определяется градиент в точке исходного состояния, который показывает направление изменения численного значения каждой переменной в структуре персонала предприятия, ведущего к улучшению эффективности его работы. Применительно к полученному уравнению связи (4) вычисляем градиент функции, который определяется следующим образом:

$$\text{grad}U = \{\partial U/\partial X_1, \partial U/\partial X_2, \partial U/\partial X_3, \partial U/\partial X_4, \partial U/\partial X_5\}. \quad (5)$$

Найдем значение градиента функции в исходной точке, координатами которой может выступить структура персонала любого АТП. Используем фактические значения удельных весов отдельных категорий численности работников АТП № 4:  $X_1 = 1,13$  %;  $X_2 = 9,04$ ;  $X_3 = 5,085$ ;  $X_4 = 16,949$ ;  $X_5 = 67,797$  %, значение прибыли от перевозок в расчете на одного работника составляет  $-0,137$  млн руб. Значение градиента функции составило  $\partial U/\partial X_1 = -356 < 0$ ;  $\partial U/\partial X_2 = 568,9493 > 0$ ;  $\partial U/\partial X_3 = -364,445 < 0$ ;  $\partial U/\partial X_4 = -360,688 < 0$ ;  $\partial U/\partial X_5 = -361,2696 < 0$ .

Отсюда следует, что для улучшения значения функции  $U$  можно двигаться в направлении изменения векторов  $X_1$ ,  $X_4$ ,  $X_3$  и  $X_5$  в сторону уменьшения и увеличения вектора  $X_2$ .

Это означает, что с помощью административных мер в соответствии с полученным направлением градиентов каждой переменной  $X_i$  и выбранным числовым шагом осуществляется изменение количественного состава каждой категории работников (например, путем сокращения, реклассификации, перевода, распределения работы либо дополнительного набора определенных групп работников конкретной профессии).

Выбор величины шага для поиска улучшения искомой функции осуществляется эмпирическим путем с учетом особенностей специфики производства и самого предприятия. Изменение величины шага необходимо производить до тех пор, пока функция  $U$  будет изменяться в сторону увеличения.

С учетом полученного значения градиента функции и найденного уравнения связи (4) осуществляем поиск оптимального значения функции  $U$ , для чего в первую очередь необходимо определить границы фактического изменения каждой переменной, т. е. минимальное и максимальное значения в заданной выборке. Для определения этих значений можно руководствоваться среднеотраслевыми показателями, планами развития производства, планируемыми изменением состава персонала, высвобождением и набором персонала, развитием персонала и т. д.

После нахождения границ варьирования каждой переменной в заданном поле фактических значений осуществляем поиск максимального значения функции  $U = f(X_i)$  в пределах установленных границ для каждой переменной  $X_i$ .

Максимальное значение функции  $U = f(X_i)$  согласно обработанной исходной информации составляет 0,13 млн руб./чел, которое достигается при следующих значениях каждой переменной:  $X_1 = 1$ ;  $X_2 = 14$ ;  $X_3 = 5$ ;  $X_4 = 16$ ;  $X_5 = 64$ .

Найденное максимальное значение функции, равное 0,13 млн руб./чел., говорит о том, что прибыль от перевозок в расчете на одного работника будет оптимальной при условии, что удельный вес других служащих для исследуемой нами совокупности предприятий должен составлять 1 %, специалистов – 14, руководителей – 5, ремонтных рабочих – 16, удельный вес водителей – 64 %.

Приведенный выше экономико-математический анализ осуществлялся на примере совокупного информационного поля, т. е. для всех исследуемых предприятий в целом. Применительно к отдельному предприятию методика реализации поставленных задач остается без изменения. В качестве примера осуществления расчета потребности в рабочей силе рассмотрим исходную информацию по АТП № 4, на основе которой произведем поиск оптимальной структуры численности работников различных категорий с целью достижения эффективного функционирования предприятия.

В информационном поле предприятия определяем границы изменения каждой переменной с учетом опыта работы предприятия, а также полученных для отрасли оптимальных значений структуры работников. На следующем этапе находим методом крутого восхождения оптимальное значение каждой переменной, при котором достигается точка оптимума величины функции  $U = f(X_i)$ .

Оптимальное значение функции  $U = f(X_i) = 2,52$  млн руб./чел. достигается при следующих значениях переменных:  $X_1 = 1\%$ ;  $X_2 = 13$ ;  $X_3 = 4$ ;  $X_4 = 15$ ;  $X_5 = 67\%$ .

Таким образом, значение показателя эффективности работы отдельного предприятия превысило максимальное среднеотраслевое значение благодаря тому, что каждое предприятие лучше может определить резервы повышения эффективности своей работы, что отражается на значениях границ изменения переменных, входящих в модель оптимизации.

Полученный результат не может служить единственным аргументом для принятия решения о плановых значениях состава персонала, поскольку учитывает только один фактор – прибыль от перевозок. Однако при планировании состава и потребности в персонале он должен учитываться, поскольку отражает среднеотраслевую структуру предприятий, достигших наилучших экономических результатов от выполнения перевозок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента / Пер. с англ. – М.: Дело, 1992. – 702 с.
2. Самыгин С. И., Столяренко Л. Д. Менеджмент персонала. – Ростов н/Д.: Изд-во «Феникс», 1997. – 480 с.
3. Беляцкий Н. П. и др. Управление персоналом: Учеб. пособие / Н. П. Беляцкий, С. Е. Велеско, П. Ройш. – Мн.: Интерпрессервис, Экоперспектива, 2003. – 352 с.
4. Беляцкий Н. П., Ройш П. Управление человеческими ресурсами: Учеб. пособие для слушателей программы MBA. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2003. – 280 с.

УДК 629.114.2

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВОРАЧИВАЕМОСТИ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА С РЕЗИНОАРМИРОВАННОЙ ГУСЕНИЦЕЙ НА ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОМ СПОСОБЕ УПРАВЛЕНИЯ

*Канд. техн. наук ЖДАНОВИЧ Ч. И., инж. РАВИНО В. В.*

*Белорусский национальный технический университет*

Для выполнения поворота на гусеничных тракторах в настоящее время используются два способа формирования поворачивающего момента: силовой и кинематический. При силовом способе управления поворот трактора обеспечивается изменением сил тяги гусениц. Основные исследования и разработанные математические модели ориентировались, как правило, на силовой способ поворота [1, 2]. При кинематическом способе управления криволинейным движением силы тяги формируются вследствие изменения скоростей вращения ведущих колес гусениц. Такой способ поворота гусеничной машины рассмотрен в [3], но в статье не учитываются деформируемость почвы и гусеницы. В настоящее время многие фирмы выпускают тракторы, оснащенные резиноармированными гусеницами. Основные процессы

гусеничный сельскохозяйственный трактор выполняет на почве. В связи с чем учет деформируемости гусеницы и почвы является обязательным условием при составлении расчетной модели.

Цель работы – разработка математической модели поворачиваемости гусеничного трактора с деформируемой гусеницей при движении по деформируемому основанию при кинематическом способе поворота. Управляющим воздействием являются скорости движения гусениц относительно корпуса трактора. Расчетная схема криволинейного движения трактора при любом способе поворота выглядит одинаково и приведена на рис. 1 [1].

Определим силы и моменты, представленные на рис. 1. Составляющие сил и моментов гусениц главного вектора сил трения выражаются зависимостями [4]: