

УДК 330.4; 338.12

Мамонов О. В. Анализ технологического развития производства продукции с помощью задачи оптимального использования ресурсов

Analysis of the technological development of production of products with the task of optimal use of resources

Мамонов О. В.

Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Российская Федерация
Mamonov Oleg V.,
Senior Lecturer
Novosibirsk State Agricultural University

***Аннотация.** Для исследования технологического развития производства предлагается модель технологического развития, представленная в виде задачи об оптимальном использовании ресурсов. Эта задача адаптируется к исследованию влияния технологий на производство продукции одного вида. В модели полагается, что показатели выделенных ограничений и целевая функция зависят от параметра, в качестве которого может использоваться время. Строится общая модель технологического развития производства предприятия. Для общей задачи приводится модель с выделенным ресурсом, относительно которого выражаются показатели производства остальных ресурсов. Рассматриваются некоторые частные случаи модели, которые удобно использовать для анализа влияния технологий на процесс производства продукции. Приводятся два примера таких частных случаев: анализ средней производительности труда при использовании сравнении двух технологий и анализ изменения средней урожайности культуры растениеводства при для двух технологий. Отмечается, что предложенная модель может быть адаптирована к исследованию внутрифакторного влияния ресурсов на выпуск продукции, а также межфакторного взаимодействия при использовании двух технологий. Модель может использоваться в более широком смысле, если обобщать средние показатели производства для технологического уклада. Это даёт возможность изучения переходных процессов, происходящих при замещении одного уклада другим, а также особенностей, связанных с появлением новых парадигм производства. При рассмотрении второго примера, расчёте средней урожайности, отмечается возможность её определения для трёх и более технологий.*

***Ключевые слова:** технологическое развитие предприятия, модель технологического развития предприятия, задача об оптимальном использовании ресурсов, производственные затраты, показатели производства, производительность труда, средняя урожайность.*

***Abstract.** To study the technological development of production, a model of technological development is proposed, presented in the form of a problem of optimal use of resources. This task is adapted to the study of the impact of technology on the production of one type of product. The model assumes that the indicators of the selected constraints and the objective function depend on the parameter, which can be used as time. A general model of technological development of the enterprise's production is being built. For the general task, a model is given with a dedicated resource, relative to which the production indicators of the remaining resources are expressed. Some particular cases of the model are considered, which are convenient to use to analyze the impact of technologies on the production process. Two examples of such special cases are given: an analysis of the average labor productivity when using a comparison of two technologies and an analysis of the change in the average crop yield for two technologies. It is noted that the proposed model can be adapted to the study of the intrafactorial influence of resources on output, as well as interfactorial interaction when using two technologies. The model can be used in a broader sense, if we generalize the average production indicators for the technological order. This makes it possible to study the transition processes that occur when one way of life is replaced by another, as well as the features associated with the emergence of new production paradigms. When considering the second example, calculating the average yield, it is noted that it can be determined for three or more technologies.*

***Keywords:** technological development of an enterprise, model of technological development of an enterprise, the problem of optimal use of resources, production costs, production indicators, labor productivity, average productivity.*

Введение

С развитием технологий, факторов производства и производственных отношений возникает потребность в использовании математических моделей для исследования процесса производства, тенденций в экономическом развитии отраслей, прогнозировании их экономического роста. Экономический рост отраслей производства тесно связан с развитием науки и технологий, которые в большей степени определяют ключевые показатели уровня производства [1-3]. Прогнозирование значений ключевых показателей и валового выпуска продукции должно осуществляться не только на основе ретроспективных данных и метода экстраполяции существующих тенденций, но и с учетом технологического развития отрасли.

Одним из показателей технологического развития является скорость изменений и внедрения новых технологий в производство. При этом стоит отметить, скорость технологических изменений в настоящее время намного выше, чем в предшествующие периоды. А чем выше скорость технологических изменений, тем больше значение ключевого показателя производства и его валовой выпуск продукции. В связи с этим, при построении моделей прогнозирования этих показателей необходимо учитывать скорость технологических изменений. Это необходимо для построения более точных прогнозов для отраслей и выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние на их развитие.

В настоящее время проблемами научно-технического развития отраслей занимается Глазьев С. Ю., который в продолжение работы Н. Д. Кондратьева, [4], разработал теорию долгосрочного технико-экономического развития [5-6], а также выявил закономерности в технологическом развитии отрасли [7]. Периодичность развития процессов в экономике заметили ещё в середине 19-го века В. С. Джевонс в работе [8] и начале прошлого века В. Х. Беверидж в работе [9]. Поэтому актуальными являются вопросы построения системы экономических и технологических показателей, определяющих развитие отрасли, а также моделей взаимосвязи динамики валового выпуска продукции с производственными ресурсами для периодов с постоянным уровнем научно-технологического развития отрасли, и с помощью этих моделей исследовать сценарии развития отрасли.

В частности, построение экономико-математических моделей технологического развития отрасли растениеводства рассматривалось в работах И. Л. Трофименко, И. Р. И Салмановой [10], Л. И. Стрикуновой [11], В. В. Кузнецовым, В. В. Гарькавым, Н. Ф. Гайворонской и др. [12], Л. Ю. Ададимовой, И. В. Твердовой, В. И. Глазуновым, Ю. Г. Полулях и др. [13], А. С. Евстроповым, Э. Л. Лайкам, Т. Г. Солдатовой [14], А.С. Миндриным и Н.Р. Ореховым [15].

В качестве одной из экономико-математических моделей может использоваться задача об оптимальном использовании ресурсов. Спектр использования этой задачи при анализе экономических проблем широкий. Её можно использовать как при оптимизации производства за счёт эффективного

использования ресурсов [16-17], так и при использовании в качестве модели использования ресурсов при моделировании развития производства [18-19].

1. Постановка задачи

В этой статье мы рассмотрим модель производства, параметры и показатели которого изменяются во времени. Для этого модель использования ресурсов адаптируем к модели, в которой можно проводить анализ применения технологий конкретного вида продукции. Такая модель исследования эффективности применения технологий в производстве, влияния технологий на выпуск продукции может использоваться при анализе технологического развития производства.

Сформулируем задачу о технологическом развитии производства.

Рассматривается производство продукции A , в котором могут использоваться технологии T_1, T_2, \dots, T_n . Для каждой технологии определены ресурсы, с помощью которых производится продукция A . Общее количество видов ресурсов равно $m+l$. Предполагается, что показатели использования первых m ресурсов зависят от времени, а показатели оставшихся l видов ресурсов от времени не зависят. Для первых m ресурсов определены функции производительности ресурса $w_i(t), i=1, 2, \dots, m$, зависящие от одного и того же параметра, которые для каждого значения t определяют объём выпуска продукции A , приходящийся на единицу использования ресурса R_i . Экономический эффект производства продукции A по технологии T_j равен величине $q_j(t)$, которая также является функцией параметра t . При исследовании динамики развития процесса производства в качестве параметра t рассматривается время.

В качестве показателей использования ресурсов рассматриваются:

- удельный расход ресурса a_{ij} по каждой технологии, $i=1, 2, \dots, m+l, j=1, 2, \dots, n$,
- запас ресурса $b_i, i=1, 2, \dots, m+l, j=1, 2, \dots, n$.

Отметим, что при $i=1, 2, \dots, m$ удельный расход ресурса и его запас являются функциями параметра t : $a_{ij}(t)$ и $b_i(t)$.

Исходя из максимизации экономического эффекта производства при каждом значении параметра t , нужно определить для ресурсов R_1, R_2, \dots, R_m их средние производительности по всем технологиям как функции параметра t : $\overline{w_i}(t), i=1, 2, \dots, m$.

2. Методика и методология исследования

2.1. Средняя производительность ресурса по всем технологиям и её стоимостный вид. Под средней производительностью ресурса по всем технологиям будем понимать средневзвешенное значение производительности ресурса по каждой технологии. Если полагать, что на выпуск продукции A по технологии T_j расходуется ресурса R_i в количестве π_{ij} , то средняя производительность ресурса R_i по всем технологиям будет вычисляться по формуле

$$\overline{w_i(t)} = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot w_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}. \quad (1)$$

Если обозначить общее количество ресурса, используемого по всем технологиям в производстве продукции A через r_i , то

$$r_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}, \quad (2)$$

а средняя производительность ресурса будет равна

$$\overline{w_i(t)} = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot w_{ij}}{r_i}. \quad (3)$$

Если ресурс R_i дефицитный, то количество использованного ресурса равно его запасу и средняя производительность равна

$$\overline{w_i(t)} = \frac{\sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot w_{ij}}{b_i}. \quad (4)$$

2.2. Построение математической модели технологического развития производства. Для построения модели технологического развития производства используем задачу об оптимальном использовании ресурсов. Использование этой задачи обусловлено следующими причинами:

1. В динамике развития производства можно считать, что локальный расход ресурсов для выпуска продукции по каждой технологии является линейным;
2. Значение показателя эффективности производства также можно линеаризовать за счёт линейного приближения;
3. Учитывая влияние фактора производства Предпринимательство, для производства продукции целью является получение максимума заданного показателя эффективности производства.

Для построения модели положим, что x_j – объём продукции, выпускаемы по технологии T_j , где $j=1, 2, \dots, n$. Тогда модель технологического развития производства представляется в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)x_2 + \dots + a_{1n}(t)x_n \leq b_1(t) \\ a_{21}(t)x_1 + a_{22}(t)x_2 + \dots + a_{2n}(t)x_n \leq b_2(t) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{m,1}(t)x_1 + a_{m,2}(t)x_2 + \dots + a_{m,n}(t)x_n \leq b_m(t) \\ a_{m+1,1}x_1 + a_{m+1,2}x_2 + \dots + a_{m+1,n}x_n \leq b_{m+1} \\ a_{m+2,1}x_1 + a_{m+2,2}x_2 + \dots + a_{m+2,n}x_n \leq b_{m+2} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{m+l,1}x_1 + a_{m+l,2}x_2 + \dots + a_{m+l,n}x_n \leq b_{m+l} \\ x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad \dots \quad x_n \geq 0 \\ Z = c_1(t)x_1 + c_2(t)x_2 + \dots + c_n(t)x_n \rightarrow \max \end{array} \right. \quad (5)$$

Если показатели эффективности производства продукции по всем технологиям одинаковые, не зависят от технологии, то задача о технологическом развитии производства может иметь целью максимизации суммарного выпуска продукции по всем технологиям.

$$\begin{cases}
a_{11}(t)x_1 + a_{12}(t)x_2 + \dots + a_{1n}(t)x_n \leq b_1(t) \\
a_{21}(t)x_1 + a_{22}(t)x_2 + \dots + a_{2n}(t)x_n \leq b_2(t) \\
\dots \\
\dots \\
a_{m,1}(t)x_1 + a_{m,2}(t)x_2 + \dots + a_{m,n}(t)x_n \leq b_m(t) \\
a_{m+1,1}x_1 + a_{m+1,2}x_2 + \dots + a_{m+1,n}x_n \leq b_{m+1} \\
a_{m+2,1}x_1 + a_{m+2,2}x_2 + \dots + a_{m+2,n}x_n \leq b_{m+2} \\
\dots \\
\dots \\
a_{m+l,1}x_1 + a_{m+l,2}x_2 + \dots + a_{m+l,n}x_n \leq b_{m+l} \\
x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad \dots \quad x_n \geq 0 \\
Z = x_1 + x_2 + \dots + x_n \rightarrow \max
\end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, общими задачами технологического развития производства можно рассматривать задачи (5)-(6), которые, с одной стороны удобны для экономической интерпретации и анализа решения, с другой стороны могут быть масштабными с точки зрения их решения и формирования коэффициентов модели.

Задачу (5) будем называть задачей технологического развития производства с целевой функцией в стоимостном виде, а задачу (6) с целевой функцией в натуральном виде.

3. Результаты исследования

3. 1. Построение модели технологического развития по ключевому ресурсу.

По задачам (5) и (6) построим модели, в которых будут использоваться показатели расхода ресурсов, а не их удельные расходы. С точки зрения сбора информации для анализа экономических проблем это бывает удобно, особенно, если используются статистические данные. В таких моделях выделим какой-нибудь ресурс, который будем считать основным. В дальнейшем этот ресурс будем называть ключевым. Выбор такого ресурса зависит от особенностей потребления ресурсов и выдвинутых целях анализа, от удобства обработки информации и статистических данных. Этот ресурс будем обозначать R_0 . Число остальных ресурсов будем считать m , и нумерацию ресурсов будем вести от нуля до m . Также обозначаем запасы ресурсов $b_i, i=0, 1, 2, \dots, m$. Определим расход ресурса R_i по технологии T_j через переменные $r_{ij}, j=1, 2, \dots, n$.

Производительность ресурса $R_i, i=1, 2, \dots, m$, при использовании технологии $T_j, j=1, 2, \dots, n$, определяем по формуле

$$w_{ij} = \frac{1}{a_{ij}}. \quad (7)$$

Для ресурса R_0 производительности равны

$$w_j = \frac{1}{a_{0j}}. \quad (8)$$

Также определяем расход ресурса R_i при использовании технологии T_j :

$$r_{ij} = a_{ij} \cdot x_j. \quad (9)$$

Расход ресурса R_0 по технологиям обозначим $r_j, j=1, 2, \dots, n$.

$$r_j = a_{0j} \cdot x_j, \quad (10)$$

Если удельный расход ресурса по всем технологиям не нулевой, то расходы ресурсов по технологиям можно выразить через $r_j, j=1, 2, \dots, n$:

$$r_{ij} = \beta_{ij} \cdot r_j, \quad (11)$$

где показатели β_{ij} равны относительным расходам ресурса R_i к ресурсу R_0 . Также выразим запасы ресурсов через запас ресурса R_0 :

$$b_i = \beta_i \cdot b_0. \quad (12)$$

Показатель эффективности в задаче (5) относительно ресурса R_0 запишем в следующем виде:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j = \sum_{j=1}^n c_j \cdot w_j \cdot r_j, \quad (12)$$

а в задаче (6) – в виде:

$$Z = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_j. \quad (13)$$

В результате получим следующие модели относительно переменных r_j :

$$\begin{cases} r_1 + r_2 + \dots + r_n \leq b_0 \\ \beta_{11}r_1 + \beta_{12}r_2 + \dots + \beta_{1n}r_n \leq \beta_1 b_0 \\ \beta_{21}r_1 + \beta_{22}r_2 + \dots + \beta_{2n}r_n \leq \beta_2 b_0 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \beta_{m1}r_1 + \beta_{m2}r_2 + \dots + \beta_{mn}r_n \leq \beta_m b_0 \\ r_1 \geq 0 \quad r_2 \geq 0 \quad \dots \quad r_n \geq 0 \end{cases} \quad (14)$$

$$Z = c_1 w_1 r_1 + c_2 w_2 r_2 + \dots + c_n w_n r_n \rightarrow \max$$

для задачи (5), и

$$\begin{cases} r_1 + r_2 + \dots + r_n \leq b_0 \\ \beta_{11}r_1 + \beta_{12}r_2 + \dots + \beta_{1n}r_n \leq \beta_1 b_0 \\ \beta_{21}r_1 + \beta_{22}r_2 + \dots + \beta_{2n}r_n \leq \beta_2 b_0 \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \beta_{m1}r_1 + \beta_{m2}r_2 + \dots + \beta_{mn}r_n \leq \beta_m b_0 \\ r_1 \geq 0 \quad r_2 \geq 0 \quad \dots \quad r_n \geq 0 \end{cases} \quad (15)$$

$$Z = w_1 r_1 + w_2 r_2 + \dots + w_n r_n \rightarrow \max$$

Для всех ресурсов можно определить среднюю производительность по всем технологиям. Этот показатель развитости производства данного вида продукции. Он также является индикатором развития технологического развития производства отраслей и влияния факторов производства на это развитие.

Для расчёта средней производительности ресурсов для задачи (6) определим полный расход для каждого из них по всем технологиям, показатель $r_{\text{полн}i}$.

$$r_{\text{полн}i} = \sum_{j=1}^n r_{ij}, \quad (16)$$

а также весовые коэффициенты расхода ресурса по технологиям

$$\alpha_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{\text{полн}i}}. \quad (17)$$

Тогда средняя производительность ресурса

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot w_{ij}. \quad (18)$$

Для задачи (5) средняя производительность ресурса в стоимостном виде будет равна

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n c_j \alpha_{ij} \cdot w_{ij}. \quad (19)$$

3. 2. Модель изменения производительности ресурсов при использовании двух технологий. Одним из примеров использования задач (5) и (6) являются задачи исследования замещения трудовых ресурсов, переход от трудоёмких технологий к технологиям, использующим более совершенные средства производства и информационные средства. Это актуально при анализе влияния научно-технологического развития производства.

В таких задачах основным фактором производства при анализе совершенствования технологий является Труд. Соответственно, ключевым ресурсом являются трудовые ресурсы. Тогда основным показателем производства становится производительность труда, а межресурсные коэффициенты расхода становятся капиталоемкость труда, его фондоёмкость и обеспеченность трудовых ресурсов средствами сбора и обработки информации. В таких задачах интересным становится задача использование искусственного интеллекта и его конкуренции с трудовыми ресурсами.

В качестве ресурса, определяющим эффективность использования всех ресурсов предлагается брать полные производственные затраты. Чтобы можно было сравнивать потребление ресурсов, удобнее всего их затраты рассматривать в стоимостном виде.

В случае, когда сравниваются технологии, то их количество равно двум, а количество ресурсов определяется количеством факторов производства за исключением фактора Земля.

Таким образом, в задачах (14) и (15) выбираются следующие ресурсы, которые будем отождествлять с затратами по факторам производства Труд, Капитал, Информация, а также производственные затраты. Модель в стоимостном виде будет иметь вид:

$$\begin{cases} r_1 + r_2 \leq b_0 \\ \beta_{11}r_1 + \beta_{12}r_2 \leq \beta_1 b_0 \\ \beta_{21}r_1 + \beta_{22}r_2 \leq \beta_2 b_0 \\ \beta_{31}r_1 + \beta_{32}r_2 \leq \beta_3 b_0 \\ r_1 \geq 0; r_2 \geq 0 \end{cases}, \quad (17)$$

$$Z = c_1 w_1 r_1 + c_2 w_2 r_2 \rightarrow \max$$

где ресурсом R_0 является Труд, ресурсом R_1 – Капитал, ресурсом R_2 – Информация, ресурс R_3 – производственные затраты. В натуральном виде (по целевой функции) модель будет иметь вид:

$$\begin{cases} r_1 + r_2 \leq b_0 \\ \beta_{11}r_1 + \beta_{12}r_2 \leq \beta_1 b_0 \\ \beta_{21}r_1 + \beta_{22}r_2 \leq \beta_2 b_0 \\ \beta_{31}r_1 + \beta_{32}r_2 \leq \beta_3 b_0 \\ r_1 \geq 0; r_2 \geq 0 \end{cases}. \quad (18)$$

$$Z = w_1 r_1 + w_2 r_2 \rightarrow \max$$

В моделях (17) и (18) коэффициенты β_{11} и β_{12} определяют капиталоемкость труда по технологиям T_1 и T_2 , β_{21} и β_{22} – обеспеченность трудовых ресурсов

средствами сбора и обработки информации, β_{31} и β_{32} – удельные производственные затраты на единицу труда.

Таким образом, мы определили модель влияния факторов производства при сравнении двух технологий T_1 и T_2 .

При рассмотрении влияния отдельного фактора производства на выпуск продукции при сравнении двух технологий модели (17) и (18) упростятся до двух ограничений [16]: ограничения по исследуемому фактору и ограничению по производственным затратам. В этом случае во внимание принимается предположение, что для исследуемого фактора есть дефицитные ресурсы, использование которых влияет на показатель эффективности с учётом влияния ресурсов других факторов. В частности, такая задача для фактора Труд рассматривалась в статье [19], решение которой основано на таблице оптимальных планов, построенной в статье [20].

3. 3. Модель внутрифакторного влияния ресурсов при использовании двух технологий. При анализе влияния ресурсов в рамках одного фактора, когда сравниваются две технологии модели (5) и (6) ограничатся ресурсами рассматриваемого фактора и двумя переменными. Для этого ресурсы фактора рекомендуется разбить на три группы. В первую группу входят ресурсы, используемые только в технологии T_1 , во вторую группу – ресурсы, используемые в обеих технологиях, в третью группу – ресурсы, используемые только в технологии T_2 . Тогда в модели влияние ресурсов первой группы можно заменить неравенством

$$x_1 \leq n_1, \quad (19)$$

где n_1 – минимальный объём продукции из максимальных, который можно выпустить по ресурсам первой группы.

Аналогично одним ограничением представляются ресурсы третьей группы:

$$x_2 \leq n_2 \quad (20)$$

где n_2 – минимальный объём продукции из максимальных, который можно выпустить по ресурсам первой группы. В частности, такая модель может быть использована при анализе влияния ресурсов фактора Труд. С помощью такой модели можно будет ответить на вопросы, задаваемые экономистами: какие профессии при рассмотрении двух технологий станут не востребованными, какие из них претерпят изменения и потребуют специалистов более высокой квалификации.

3. 4. Модель изменения урожайности культуры при использовании двух технологий. В статье [18] на примере задачи об оптимальном использовании двух ресурсов при использовании двух технологий рассматривалось изменение урожайности пшеницы, [16]. В представленной модели рассматривались два ресурса: посевная площадь и производственные затраты на 100 га площади. При этом предполагалось, что урожайность пшеницы при использовании одной

технологии определяется зависимости Ферхюльста [21-22], которую также называют логистической зависимостью.

При анализе влияния технологий в отрасли растениеводства такую задачу можно расширить на большее число технологий. В результате получится задача линейного программирования с двумя ограничениями и числом переменных больших, чем две. Такая модель даёт возможность анализа развития технологий внутри одного уклада и выбора из них наиболее эффективных, которые и определяют производство в отрасли растениеводства в рамках одного уклада.

Результатом такого анализа является зависимость урожайности от времени в рамках одного уклада, которая может использоваться при исследовании перехода отрасли от одного уклада к другому. Для этого уже вместо одной технологии можно рассматривать обобщённую технологию уклада и рассматривать при анализе смены укладов ту же самую модель, но с обобщёнными технологиями. Аналогично можно исследовать переход от одной парадигмы производства к другой [23-25].

Выводы. При исследовании процессов технологического развития предприятий может использоваться задача об оптимальном использовании ресурсов [18-19]. Целесообразность её использования обусловлена тем, что она непосредственно рассматривает вопросы, связанный с расходом ресурсов в производстве продукции, которую можно рассматривать как один вид продукции, производимый по разным технологиям. Оптимизация задачи об оптимальном использовании ресурсов определяет влияние фактора производства Предпринимательство, в предположении, что это влияние определяется достижением оптимума показателя эффективности производства. На основании этого выдвигается гипотеза по технологическому развитию отрасли по критерию «экономической целесообразности».

Модель технологического развития предприятия (МТР) представляется в виде задачи линейного программирования [17], в которой коэффициенты предварительно отобранных ограничений и целевой функции зависят от параметра. Рассматривая развитие предприятия во времени, в качестве такого параметра выбирается время, что позволяет рассматривать динамические процессы производства продукции и применения технологий.

Не смотря на громоздкость модели и трудности, связанные с её применением при обработке, эффективно могут использоваться её частные случаи. Такая модель может использоваться при выборе более эффективной технологии, анализа технологического развития предприятия. Используя МТР, можно проводить анализ технологий отрасли, технологического уклада. Она не противоречит природе статистических данных, которые определяются как средние показатели характеристик производства продукции.

Рассматривая МТР в качестве инструмента, определяющего текущее развитие производства, можно исследовать изменение технологий внутри технологических укладов и переходы от одного уклада к другому, появление новой

парадигмы производства. На основании исследования производства внутри технологических укладов и перехода их друг в друга возможно формирования прогнозов по изменению основных показателей производства и его технологического развития.

В качестве примера рассмотрены две модели МТР. Первая модель представлена как задача об оптимальном использовании двух ресурсов в производстве двух видов продукции [16] и [19], где ресурсами являются ресурсы фактора Труд и производственные затраты. А под видами продукции рассматривается производство одного и того же вида продукции по двум технологиям. Эта модель обобщается до модели использования нескольких ресурсов при выпуске двух видов продукции, если ресурсы фактора Труд разбиваются по группам на основании наперёд выбранного признака. Такая модель может использоваться при анализе внутрифакторного влияния на производство для двух технологий.

Такая же модель может использоваться для анализа межфакторного влияния. В этом случае в качестве ресурсов рассматриваются затраты ресурсов по факторам в стоимостном виде.

Вторая модель предназначена для исследования изменения урожайности культуры в отрасли растениеводства [18]. В этой модели первым ресурсом выбирается посевная площадь (фактор Земля), а вторым производственные затраты. В такой модели показатели производства рассчитываются на 100 га посевной площади. Это даёт статистическую значимость и устойчивость вычисляемых показателей как средних значений. При увеличении числа технологий задача расширяется до задачи использования двух ресурсов в выпуске нескольких видов продукции, число которых больше, чем два. При этом полагается, что разные виды продукции соответствуют производству одного и того же вида, но по разным технологиям.

Библиографический список

1. Рудой Е. В., Петухова М. С. Периодичность научно-технологического развития зернового производства России / Развитие регионального АПК и сельских территорий: современные проблемы и перспективы: материалы XVI Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию СибНИИЭСХ СФНЦА РАН. Новосибирск, 2020. С. 8-10.
2. Рудой Е. В., Петухова М. С. Методика сценарного прогнозирования научно-технологического развития отрасли растениеводства до 2030 г. / Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (48). С. 2-9.
3. Rudoy E.V., Petukhova M.S., Petrov A.F., Kapustyanchik S.Y., Ryumkina I.N., Ryumkin S.V. Crop production in Russia 2030: alternative data of the development scenarios. Data in Brief. 2020. T. 29. С. 105077.
4. Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. – М.: Экономика, 1989.

5. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. – М.: ВладДар, 1993.

6. Глазьев С.Ю., Дементьев В.Е. Становление нового технологического уклада в российской экономике // Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике / под ред. акад. РАН С.Ю. Глазьева и проф. В.В. Харитоновой. М.: Тровант, 2009.

7. Глазьев С. Ю. Открытие закономерности смены технологических укладов в ЦЭМИ АН СССР // Экономика и математические методы. 2018, том 54. № 3. С. 17–30.

8. Jevons W.S. On the Study of Periodic Commercial Fluctuations, with five Diagrams // Read before the Economic Science and Statistics Section of the British Association at Cambridge. Cambridge, 1862. 157 p.

9. Beveridge W.H. Wheat Prices and Rainfall in Western Europe // Journal of the Royal Statistical Society. № 85/3. 1922. P. 412-475.

10. Трофименко И. Л. Разработка модели технологического развития растениеводства / И. Л. Трофименко, И. Р. Салманова // Никоновские чтения. 2010. №15. С. 322-323.

11. Стрикунова, Л. И. Совершенствование управления технологическими процессами в отрасли растениеводства: Автореф. дис. ... канд. экон. наук / Л. И. Стрикунова. – СПб., 2010. – 22 с.

12. Экономико-математическая модель прогноза технологического развития зернового подкомплекса сельского хозяйств Российской Федерации/В. В. Кузнецов, В. В. Гарькавый, Н. Ф. Гайворонская и др. -Ростов н/Д: Изд-во ВНИИЭиН, 2009. - 74 с.

13. Управление эффективностью технологии с помощью ее модели / Л. Ю. Ададимова, И. В. Твердова, В. И. Глазунов, Ю. Г. Полулях // Мат-лы международной научно-практической конференции 18-19 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону. - Ростов н/Д: Ростовский государственный экономический университет «РИНХ», 2008. С. 484-486.

14. Евстропов, А. С. Адаптивная экономико-математическая модель производства продукции полеводства/А. С. Евстропов, Э. Л. Лайкам, Т. Г. Солдатова // Экономика сельскохозяйственного производства и перерабатывающих предприятий. 2004. № 4. С. 7-9.

15. Моделирование экономических систем в сельском хозяйстве/А.С. Миндрин, Н.Р. Орехов. -М.: Восход-А, 2007. -232 с.

16. Мамонов О. В. Анализ эффективного использования двух ресурсов для предприятия, выпускающего два вида продукции. // Агропродовольственная экономика. 2016. №12. С. 30-62.

17. Мамонов О. В. Использование методов линейного программирования при анализе производства продукции. / Актуальные проблемы агропромышленного комплекса сборник трудов научно-практической конференции преподавателей,

студентов, магистрантов и аспирантов, посвященный 80-летию Новосибирского ГАУ. Новосибирск. 2016. С. 194-198.

18. Мамонов О. В. Изменение урожайности пшеницы при использовании двух технологий / Экономический обзор. 2021. № 1. С. 19-32.

19. Мамонов О. В. Средняя производительность труда при использовании двух технологий. Часть 1. Оптимальный выбор технологий / Финансовый бизнес. № 3. С. 157-162.

20. Мамонов О. В., Елисеева Ю. В. Оптимальные планы производства двух видов продукции с использованием двух ресурсов / Теория и практика современной аграрной науки: сборник II Национальной (всероссийской) конференции. 2019. С. 537-542.

21. Verhulst, P. F., (1838). Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement. *Correspondance mathématique et physique*, 10, 113-121.

22. Population, *Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles*, 18, Art. 1, 1-45, 1845 (Mathematical Researches into the Law of Population Growth Increase).

23. Петухова М.С. К вопросу о смене технологических укладов в растениеводстве: теоретические аспекты // Экономический обзор. 2020. № 5. С. 21-24.

24. Петухова М. С., Мамонов О. В. Теоретические основы формирования новой технологической парадигмы в отрасли растениеводства. // АПК: Экономика, управление. 2020. № 7. С. 61-68.

25. Петухова М. С., Мамонов О. В. Структурные сдвиги в факторах производства продукции растениеводства при переходе к новому технологическому укладу. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. Т. 63. № 6 (378), С. 104-108. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-16127