

# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ

**И.В. Войтов,**

Председатель ГКНТ, д-р техн. наук, профессор

**М.А. Гатих,**

ведущий научный сотрудник ГУ «БелИСА», д-р техн. наук, профессор

**В.А. Рыбак,**

доцент кафедры управления информационными ресурсами Академии управления при Президенте Республики Беларусь, канд. техн. наук

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 26 марта 2007 г. № 136 «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы» и Постановлением Совета Министров РБ от 25 апреля 2007 г. № 523 «Об утверждении Плана реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы» в Беларуси реализуется Государственная программа инновационного развития на 2007–2010 годы (ГПИР). Данная программа представляет собой комплекс мероприятий, инновационных проектов и инновационных производств, имеющих большое стратегическое значение для экономического развития народного хозяйства страны [1, 2]. В программе сформирован перечень показателей, обуславливающих всестороннее и поэтапное развитие Беларуси на основе научно обоснованных инноваций во всех сферах экономики.

Для контроля реализации ГПИР осуществляется мониторинг инновационных проектов (МИП) в соответствии с анкетой, утвержденной Приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 31 мая 2007 г. № 133 [3]. В анкете МИП перечислены отчетные производственно-экономические показатели, имеющие большое принципиальное зна-

чение для инновационного развития экономики Беларуси. Однако следует помнить, что данная Государственная программа представляет собой фактически только первую очередь инновационного развития нашей страны. Она будет совершенствоваться и развиваться и далее после 2010 года.

В Плате реализации ГПИР предусмотрен раздел 4 «Мероприятия по достижению целевых параметров инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы». В его состав включена система научного сопровождения и мониторинга реализации программных мероприятий, которая предусматривает:

- разработку и утверждение в разрезе отраслей экономики системы целевых показателей, характеризующих результативность их инновационного развития;
- разработку и ввод в статистическую отчетность новых показателей, обеспечивающих оценку инновационного развития экономики и ее сфер, включая характеристику общих условий, способствующих развитию инновационной активности;
- подготовку научно-методических рекомендаций по совершенствованию ГПИР;
- разработку информационно-аналитической системы мониторинга ГПИР.

В связи с изложенным важным для дальнейшего развития ГПИР представляется включение в ее состав новых показателей, связанных с рациональным природопользованием и промышленной экологией в рамках инновационного развития Беларуси. Научно-методические и исследовательские работы в этом направлении уже начаты в ГУ «БелИСА» и опубликованы в научных статьях [4, 5, 8]. Разработан метод минимаксной оптимизации новых и используемых в ГПИР параметров и показателей интенсификации инновационного производства (ИП). Предложены расчетные формулы и целевые функции основных показателей, которые необходимо учитывать при реализации метода оптимизации, повышения эффективности ИП и управлении инновационным развитием экономики. В [8] изложены принципиально важные научно-аналитические подходы к оценкам состояния и повышения эффективности технологических процессов инновационных производств. С позиций минимаксной оптимизации в ней представлены расчетные формулы по следующим основным показателям в области рационального природопользования и промышленной экологии как одного из важнейших направлений инновационного развития экономики Беларуси:

1. Ресурсообеспеченность ИП:  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{MCO} \rightarrow \max.$
2. Природоемкость ИП:  $\sum_{i=1}^n I_{poj} \rightarrow \min.$
3. Количество исходного природного сырья ИП:  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{uc} \rightarrow \min.$
4. Обобщенный показатель энергоемкости ИП:  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{M\epsilon o} \rightarrow \min.$
5. Энергоемкость ИП:  $\sum_{i=1}^n F_{ij}^{\epsilon me} \rightarrow \min.$
6. Уровень безотходности ИП:  $\sum_{i=1}^n I_{n\epsilon ij} \rightarrow \max.$
7. Количество промышленных отходов ИП:  $\sum_{i=1}^n V_{ij}^{npo} \rightarrow \min.$
8. Количество отходов ИП, выбрасываемых в окружающую среду:  $\sum_{i=1}^n V_{ij}^{oc} \rightarrow \min.$
9. Экологичность ИП:  $\sum_{i=1}^n I_{\epsilon \Pi}^{ob. k.} \rightarrow \min.$
10. Обобщенная (балансовая) прибыль ИП:  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{o. np} \rightarrow \max.$

11. Обобщенные инновационные затраты ИП:  $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ob. im} \rightarrow \min.$
12. Производственные отходные затраты ИП:  $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx} \rightarrow \min.$
13. Природоохранные затраты и экологический ущерб ИП:  $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{nom} \rightarrow \min.$
14. Стоимость основных производственных фондов и нормированных оборотных средств ИП:  $\sum_{i=1}^n \Phi_{ij} \rightarrow \min.$
15. Общая рентабельность ИП:  $R_{ob} \rightarrow \max.$
16. Чистая рентабельность ИП:  $R_{чист} \rightarrow \max.$
17. Обобщенный интегральный критерий эффективности ИП:  $ИК_{ob} \rightarrow \max.$
18. Чистый интегральный критерий эффективности ИП:  $ИК_{чист} \rightarrow \max.$
19. Другие показатели и параметры ИП.

В работах [4, 5, 6, 8] приведен и ряд других показателей инновационного производства и рационального природопользования, поясняющих или дополняющих приведенные выше основные производственно-экологические и экономические показатели инновационного развития Беларуси. Предложены также методические подходы и формулы для их расчета с учетом целевого назначения (целевых функций) и решаемых задач в области интенсификации и обновления экономики.

Проблема анализа и оценки инновационного развития экономики на основе научно-методических и информационно-аналитических подходов представляет собой сложную многофакторную математическую задачу. Наиболее простым и целесообразным представляется применение методологии оптимизации технологических инновационных процессов [4]. В этом случае в качестве критерия оптимизации можно использовать функционал  $Z(F_u) = Z(\sum_{i=1}^n K_{ij}^{onm})$ , в состав которого включаются основные и приведенные выше показатели в качестве целевых функций. Каждая целевая функция показывает направление организационно-производственных действий с позиций минимизации или максимизации той или иной экологической или экономической составляющей сложной структуры системы управления показателями инновационной экономики.

Это имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как каждая структурная компонента критерия оптимизации выражает определенное функциональное предназначение и в тоже время может быть оценена с помощью тех или иных расчетных формул [4, 8]. Это имеет также принципиальное значение с позиций решения проблемы сложного многокомпонентного комплексного командно-административного управления инновационной экономикой методами и средствами принятия управленческих решений.

Для принятия научно обоснованных решений по повышению эффективности ИП необходимо разработать стратегию управления, функционально-алгоритмическую структуру с взаимозавязанными наиболее важными индексами и критериями эффективности с показателями, в определенной мере тоже влияющими (минимизирующими или максимизирующими) на качественные или количественные значения последних в рамках управленческих решений. Такая исходная функционально-алгоритмическая структура представлена на рис. 1. В ее состав включены практически все приведенные выше 19 показателей. Определены функциональное назначение и управленческие действия по минимизации или максимизации их значений. Все показатели между собой увязаны в соответствии с решаемыми функциями ГПИР, мероприятиями и критериями эффективности инновационной экономики. В качестве основных критериальных показателей определены:

1. Общая балансовая прибыль ИП:  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{o,np}$ ,

рассматриваемая в рамках МИП как объем производства инновационной продукции (млн руб.), которая определяет и себестоимость инновационной продукции.

2. Общие инновационные затраты ИП:  $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{об.им}$ ,

включая расходные статьи в виде отдельных источников финансирования.

3. Стоимость основных производственных фондов и оборотных средств ИП:  $\sum_{i=1}^n \Phi_{ij}$ , рассматривая данную стоимость как по отдельным инновационным объектам, так и в рамках тех или иных министерств и регионов (отраслей промышленности).

В качестве главных критериев эффективности ИП предложены:

1. Общая рентабельность  $R_{об}$  ИП:  $R_{об} = \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{o,np} / \sum_{i=1}^n \Phi_{ij}$ , определяемая как отношение общей прибыли ИП к стоимости основных производственных фондов и нормативных оборотных средств. Каждая из этих двух компонент имеет важное значение и количественное определение в составе производственно-экономических показателей ИП. Рост рентабельности производства возможен как за счет возрастания прибыли, так и за счет экономного использования фондов. Это относится как к отдельным ИП, так и к отраслям экономики. Данный критерий может быть реализован в рамках действующей ГПИР.

2. Чистая рентабельность  $R_{чист}$  ИП:  $R_{чист} = \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ч,np} / \sum_{i=1}^n \Phi_{ij}$ . По терминологии, изложенной в [7], чистая рентабельность определяется как отношение общей прибыли ИП  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ч,np}$  с учетом природоохранных затрат и экономического ущерба к  $\sum_{i=1}^n \Phi_{ij}$ , то есть  $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ч,np} = \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{o,np} - \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ПМ}$ . Этот критерий предназначен для оценки перспективности развития ИП.

3. Обобщенный интегральный критерий эффективности  $ИК_{об}$  ИП:  $ИК_{об} = \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{o,np} / \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{об.им}$ . Данный критерий может быть рассчитан и использован в отчетной документации ГКНТ на основе предусмотренных показателей действующей ГПИР.

Чистый интегральный критерий  $ИК_{чист}$  ИП:  $ИК_{чист} = \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ч,np} / (\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ЧКП} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ПМ})$ . Данный критерий предназначен для перспективного развития ГПИР.

5. Критерий эффективности  $K_{эф}$  для сравнения вариантов развития и размещения в регионах отдельных ИП (и в отраслях промышленности) на основе инновационных экологических и ресурсосберегающих технологий с учетом минимизации возможных общих эксплуатационных издержек и природоохранных затрат (с экономическим ущербом) и фондов  $\sum_{i=1}^n \Phi_{ij}$ .  $K_{эф} = (\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{об.им} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ном} + \sum_{i=1}^n \Phi_{ij}) \rightarrow \min$ . Этот критерий предполагается использовать для перспективного развития ГПИР.

Другие показатели интенсификации инновационного производства (ресурсообеспеченность, природоемкость, энергоемкость, уровень безотходности, экологичность и т. д.), включенные в состав функционально-алгоритмической

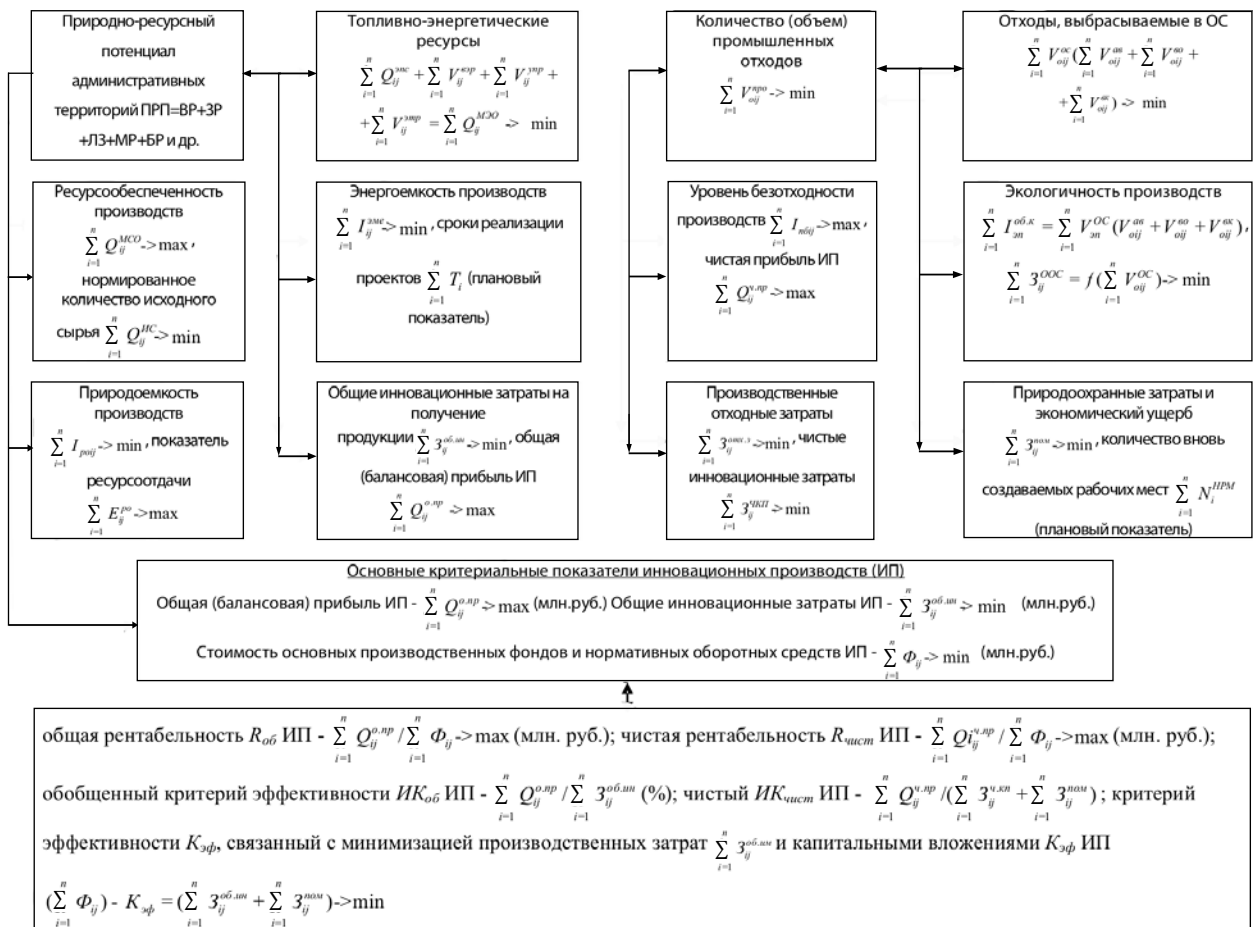


Рис. 1. Функционально-алгоритмическая структура показателей эффективности инновационного производства

структуры (рис. 1), являются расчетными параметрами, которые необходимо учитывать в реализации стратегии принятия управленческих решений. При этом надо иметь в виду, что большинство включенных в ее состав различного назначения показателей являются интегральными, структура которых и расчетные формулы приведены в [4, 5, 6].

Научно-методическое и практическое значение данной структуры состоит в научно-методическом обеспечении и принципиальном подходе к оптимизации процесса интенсификации инновационного производства. Она отражает взаимосвязь показателей и функций организационно-административного действия по достижению запланированного от минимаксного критерия эффекта оптимизации ИП.

Не менее важным научно-методическим и практическим принципом формирования, анализа и оценок системы показателей инновационного развития экономики является разработка алгоритмической схемы с их полным составом,

отражающем функциональную связь наиболее значимых критериальных показателей с другими из них, которые учитываются при решении проблемы принятия управленческих решений по интенсификации ИП методами и средствами оптимизации значений как критериальных, так и других показателей. Такая алгоритмическая схема представлена на рис. 2. На схеме представлены и обозначены все необходимые компоненты, их функциональное назначение, отдельные расчетные зависимости, а так же функциональные связи с основными критериальными показателями ИП ГПИР, природно-ресурсным потенциалом регионов и окружающей природной средой. На схеме также представлены иерархические связи главных критериальных показателей первого уровня ( $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{o.np}$ ,  $\sum_{i=1}^n 3_{ij}^{ob.um}$ ,  $\sum_{i=1}^n I_{nbij}$ ,  $\sum_{i=1}^n \Phi_{ij}$ ) с другими из них второго уровня ( $\sum_{i=1}^n V_{oj}^{np}$ ,  $\sum_{i=1}^n V_{oj}^{oc}$ ,  $\sum_{i=1}^n E_{ij}^{rs}$ ,  $\sum_{i=1}^n I_{ij}^{ob.k}$ ,  $K_{эф}$ ,  $ИК_{об}$ ,  $ИК_{чист}$ ), а также показатели третьего уровня ( $\sum_{i=1}^n 3_{ij}^{omx.z}$ ,  $\sum_{i=1}^n 3_{ij}^{nom}$ ,  $R_{об}$ ,  $R_{чист}$ ),

которые являются функциями первого и второго уровней последних. Это позволяет реализовать иерархию управленческих воздействий от третьего до первого уровней или наоборот. Изменяя целенаправленно количественные или качественные значения менее важных показателей (третьего или второго уровней) и оценивая их влияние на критериальные показатели, представляется возможным шаг за шагом приблизиться к оптимальным решениям по интенсификации ИП. При этом необходимо держать под контролем и другие параметры и показатели, представленные на алгоритмической схеме (рис. 2), обеспечивая им тоже оптимальные значения в рамках минимаксного критерия оптимизации.

Разработанные функционально-алгоритмическая структура и алгоритмическая схема оптимизации показателей ИП будут положены в основу создания метода и программного средства информационно-аналитической поддержки принимаемых решений по управлению эффективностью инновационного развития экономики Беларуси. Данная разработка будет полезной для дальнейшего развития и совершенствования ГПИР.

Аналогичный минимаксный подход целесообразно использовать и при рассмотрении главного показателя — объема производства инновационной продукции  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв}$ , который тоже зависит от ряда параметров ИП. Так, следует учитывать качественные и количественные данные последних, выраженные в виде наибольшего экономического эффекта, реализуемого в ИП на единицу того или иного инновационного проекта. Данный эффект может быть представлен в виде финансовых затрат  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_{ij}^{инв}$  или конечной выпускаемой продукции  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв}$ . Здесь имеет принципиальное значение экономическая эффективность отдельных проектов, их научно-практическая обоснованность, факторы импортозамещения и экспортной реализации. Отдельные инновационные проекты могут иметь отраслевые значения (внедряемые на отрасль) или большой экономический эффект (проекты 1-го уровня — новые предприятия и важнейшие производства), другие из них (проекты 2-го и 3-го уровней — новые производства на действующих предприятиях и модернизация

действующих производств на основе внедрения передовых технологий) при массовом внедрении (количественные показатели) тоже могут иметь значительный инновационный эффект при меньшей их экономической эффективности [3–6, 8].

С целью формализации изложенного подхода и оценки инновационной значимости ИП целесообразно применить широко используемый в научной практике метод весового ранжирования показателей в составе  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв}$ , включая показатели выпускаемой продукции 1-го, 2-го и 3-го уровней инновационных производств. В данном случае весовой коэффициент  $b_{ij}$  равен отношению  $Q_{ij} / \sum_{i=1}^n Q_{ij}$ . В качестве отраслевых весовых коэффициентов предлагается использовать интегральный показатель  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв}$ , относящийся как к общему объему инновационной продукции наиболее важных отраслей экономики,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв} \rightarrow \max, \quad (1)$$

так и к отдельным их объемам 1–3-го уровней:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв1} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв1} \rightarrow \max, \quad i = \overline{1..n}; j = \overline{1..m} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв2} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв2} \rightarrow \max, \quad i = \overline{1..n}; j = \overline{1..m} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв3} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв3} \rightarrow \max, \quad i = \overline{1..n}; j = \overline{1..m} \quad (4)$$

где  $n$  —  $i$  количество отдельных видов ИП в 1–3-м уровнях инновационных производств,  $m$  —  $j$  количество отраслей экономики, в которых внедрены ИП.

Система весовых коэффициентов

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв1} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв2} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв3} \quad (5)$$

может выражаться как в долях единицы  $\sum b_{ij} = 1$ , так и в процентах. При этом в зависимости от анализируемой задачи, принятия того или иного управленческого решения, формирования отчетно-аналитической документации и т. д. весовые коэффициенты могут быть использованы как для оценок (ранжирования) общей инновационной продукции  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^{инв}$  по ее значимости в рамках, например, промышленного производства, так и для аналитических оценок эффективности ИП в рамках 1–3-го уровней инновационных производств.

В этом случае все действующие и в перспективе включаемые в состав ГПИР инновационные проекты будут проранжированы на основании имеющейся отчетной информации

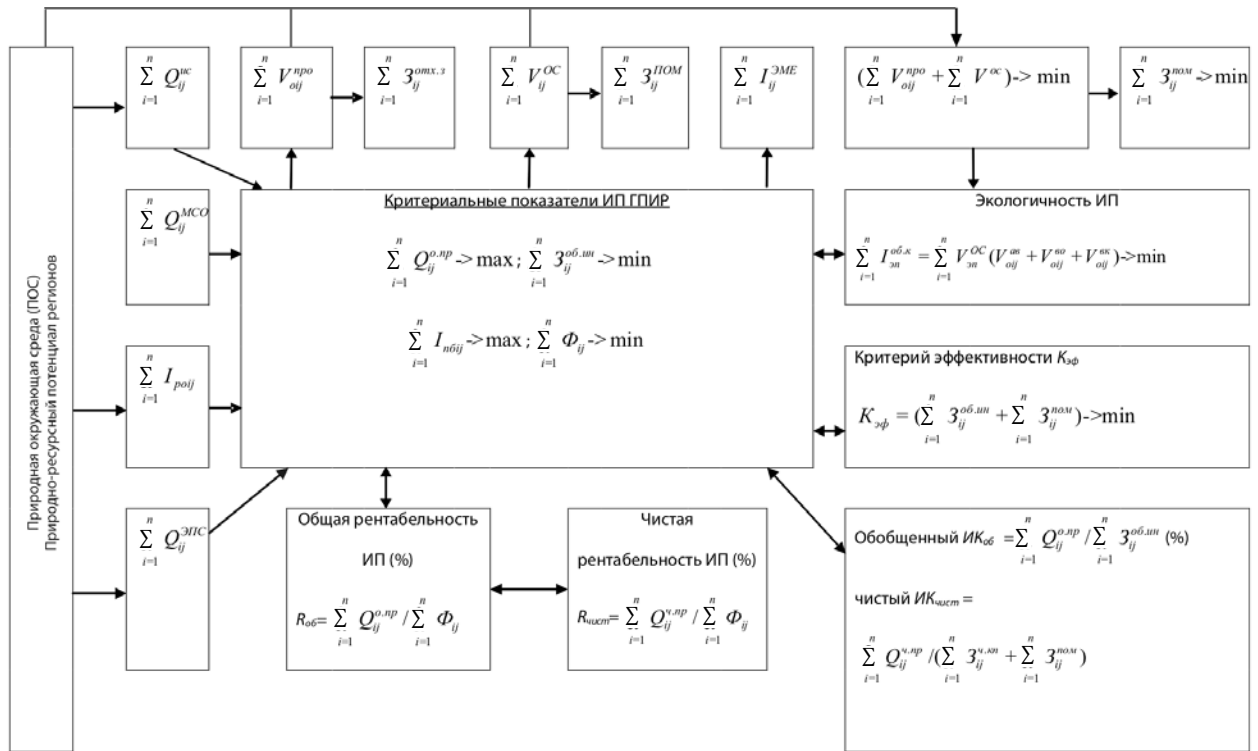


Рис. 2. Алгоритмическая схема оптимизации показателей интенсификации инновационного производства

по экономической (финансовой) эффективности наиболее значимые ИП как в общем объеме, так и в рамках объемов проектов 1–3-го уровня за отчетный период их реализации. Все исходные данные для выполнения этой процедуры имеются в базах данных АСМ ГПИР РБ, формируемых на основании МИП.

С практических позиций и упрощения формализации этих важных показателей целесообразно разбить эффективную значимость ИП по степени ее уменьшения на 4 класса:

1. Максимальной эффективности (значимости):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв. мз} \text{ при } (b_{инв. мз}, b_{инв. 1мз}, b_{инв. 2мз}, b_{инв. 3мз}) = 0,8-1,0 \quad (6)$$

2. Средней эффективности (значимости):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв. сз} \text{ при } (b_{инв. сз}, b_{инв. 1сз}, b_{инв. 2сз}, b_{инв. 3сз}) = 0,6-0,7 \quad (7)$$

3. Ниже средней эффективности (значимости):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв. нсз} \text{ при } (b_{инв. нсз}, b_{инв. 1нсз}, b_{инв. 2нсз}, b_{инв. 3нсз}) = 0,3-0,5 \quad (8)$$

4. Минимально возможной эффективности (значимости):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}^{инв. мвз} \text{ при } (b_{инв. мвз}, b_{инв. 1мвз}, b_{инв. 2мвз}, b_{инв. 3мвз}) = 0,1-0,2 \quad (9)$$

Отношение производителей инновационной продукции к четвертому классу эффективности может рассматриваться только в случае крайней необходимости. При нулевой эффективности инновационные проекты не подлежат реализации, так как они не могут рассматриваться в качестве инновационных.

Представленные зависимости (1–5) могут быть после соответствующей практической проработки использованы непосредственно для анализа и оценок показателей эффективности состояния и развития промышленности Беларуси, реализуемые методами и средствами минимаксной оптимизации основных из них. Зависимости (5–9) могут быть применены для оптимизации приоритетных направлений инновационной деятельности и, в первую очередь, для совершенствования инновационных промышленных производств. Для этих целей будет разработана многоцелевая методика для формализации представленных выше математических зависимостей по различным направлениям инновационной деятельности.

**Литература:**

1. План реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы. — Минск: ГУ «БелИСА», 2007. — 400 с.
2. План-графики реализации проектов Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы. — Минск: ГУ «БелИСА», 2007. — 178 с.
3. Анкета проведения Мониторинга инновационных проектов. Утверждена приказом ГКНТ от 31 мая 2007 г. № 133.
4. Войтов, И.В. Научно-инновационный метод оценки и оптимизации управления эколого-экономической эффективностью рационального природопользования / И.В. Войтов, М.А. Гатих, В.А. Рыбак // Вестник ПГУ. — 2008. — № 6. — С. 129–138.
5. Войтов, И.В. Методические принципы анализа и оценок ресурсообеспеченности, природоемкости и экологичности производств как важных показателей инновационного развития экономики Беларуси / И.В. Войтов, М.А. Гатих, В.А. Рыбак // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2008. — № 2. — С. 71–76.
6. Научно-инновационный метод оценки и контроля за уровнем безотходности производств, образованием, движением и захоронением производственных отходов / И.В. Войтов, М.А. Гатих, В.А. Рыбак, В.В. Ходин // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2008. — № 2. — С. 65–71.
7. Шимова, О.С. Основы экологии и экономики природопользования / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. — Минск: БГЭУ, 2002. — 368 с.
8. Войтов, И.В. Научно-аналитические подходы к оценкам состояния и повышения эффективности технологических процессов инновационных производств / И.В. Войтов, М.А. Гатих, В.А. Рыбак // Вестник БГУ. — 2009. — № 1. — С. 100–106.