

УДК 65.011: 65.012.2

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЗИРОВАННОЙ МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ПО ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2020 Т.В. Малышева, А.И. Шинкевич

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Статья поступила в редакцию 12.05.2020

Статья посвящена актуальной проблеме снижения негативных воздействий промышленных предприятий на окружающую среду и повышению конкурентоспособности продукции. Минимизация экологических угроз может быть достигнута развитием экологического производства, что на сегодняшний день затруднено в связи с несовершенством механизма практической реализации экологических проектов. Целью статьи является формирование методики оценочных процедур и разработка алгоритмизированной модели процесса реализации проекта по экологизации промышленного производства. Для реализации поставленной цели использованы метод формализации и моделирования, методы причинно-следственных связей и структурно-функционального анализа. Для визуализации процесса реализации проекта по экологизации производства использован метод модульного проектирования алгоритмов, позволяющий формировать алгоритм из структурных алгоритмических единиц, используя их последовательное соединение или ветвление с соблюдением установленных ограничений и альтернатив. Определены ключевые элементы понятийного аппарата организации экологических производственных систем, касающиеся проектного подхода к проведению экологических преобразований. Обоснована необходимость разработки структурно-функциональной и алгоритмизированной модели реализации проекта по экологизации производства. Разработана блок-схема алгоритма реализации проекта по экологизации промышленного производства, включающая пять последовательных этапов жизненного цикла проекта. Предусмотрен ряд оценочных процедур на основе установленных условий и ограничений, результатом которых являются ветвления при переходе между модулями с дальнейшим выбором алгоритмических альтернатив. Предложена характеристика оценочных процедур на этапах жизненного цикла проекта с указанием индикативных параметров и условиями перехода на следующий этап проекта по экологизации производства. При прохождении процедур оценивания предусмотрены контрольные индикаторы в виде оптимальных, критических или фактических параметров, позволяющие определять возможность или невозможность дальнейшего движения по дереву алгоритма. Обозначены потоки обратной связи между модулями, обеспечивающие корректировку планов проекта ввиду выявления элементов неготовности производственной системы к экологическим преобразованиям по организационным или техническим причинам. Полученные результаты являются базой для дальнейших исследований вопросов организации экологических производственных систем, разработки программного обеспечения реализации проектов по экологизации производства.

Ключевые слова: экологизация производства, производственная система, алгоритмизированная модель, блок-схема, индикатор, ресурсосбережение.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-74-00

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НШ-2600.2020.6.

ВВЕДЕНИЕ

Рост промышленного производства сопровождается увеличением абсолютного количества промышленных выбросов. В мировых масштабах ежегодно в атмосферу поступает более 200 млн. тонн оксида углерода, 150 млн. тонн оксида серы, свыше 50 млн. тонн оксидов азо-

та, более 50 млн. тонн разливных углеводородов и т.д. При этом химическая и нефтехимическая промышленность занимает верхние позиции в антирейтинге отраслей по уровню выбросов загрязняющих веществ. В структуре сбросов загрязненных сточных вод в окружающую среду на химические производства приходится 17%, нефтеперерабатывающие компании – 4,5%. Доля выбросов предприятий нефтедобычи в атмосферный воздух составляет 7%, нефтепереработки – 5%, химических производств – 3% [1].

В российской развивающейся промышленности экологическое мировоззрение еще не сформировано должным образом. Вместе с тем,

Малышева Татьяна Витальевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры логистики и управления. E-mail: tv_malysheva@mail.ru

Шинкевич Алексей Иванович, доктор экономических наук, заведующий кафедрой логистики и управления. E-mail: ashinkevich@mail.ru

ответственное экологическое поведение промышленных производств может существенно содействовать повышению конкурентоспособности на внешнем рынке, расширению партнерской базы, рынков сбыта, содействовать получению госзаказа, поскольку развитые страны предпочитают взаимодействовать с компаниями, заботящимися об охране природы и производящими экологически чистую продукцию. Экологическая промышленная политика в развитых странах не является для предприятий бременем, повышающим себестоимость продукции, как это нередко считают представители российского бизнеса, а напротив, важным фактором, повышающим эффективность производства, его конкурентоспособность и капитализацию [2]. Результатом экологической ответственности производств является сокращение загрязнения биосферы, внедрение ресурсосберегающих технологии, развитие альтернативной энергетики, утилизация и повторное использование промышленных отходов и др.

Таким образом, в условиях увеличения антропогенной промышленной нагрузки на экосистему необходима новая парадигма развития, основанная на адаптации производственной деятельности к возможностям и потребностям биосферы. Принципиальное значение имеет сохранение природных ресурсов как важнейшего национального актива, повышение эффективности использования ресурсов, поддержка их природных функций. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение организации процессов экологизации современных производств.

Целью статьи является формирование методики оценочных процедур и разработка алгоритмизированной модели процесса реализации проекта по экологизации промышленного производства.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Основу методов исследования составили диалектический и системный подход, метод формализации и моделирования, методы причинно-следственных связей и структурно-функционального анализа. Для визуализации процесса реализации проекта по экологизации производства использован структурированный метод алгоритмизации – метод модульного проектирования алгоритмов. Модульная технология позволяет формировать алгоритм из структурных алгоритмических единиц, используя их последовательное соединение или ветвление с соблюдением установленных органичений и алгоритмических альтернатив [3,4].

Для количественной оценки параметров при выборе алгоритмических альтернатив исполь-

зован индексный метод, позволяющий интегрировать разномерные показатели и приводить их к единому цифровому индикатору. Для выполнения процедуры сравнения при выборе альтернативы применены индексы оптимальных, критических и фактических значений показателей, в зависимости от сущности установленного ограничения. Индекс может представлять собой и одномерный показатель. Например, индекс экологичности производства I_{eco} может быть определен как отношение потока отходов к потоку продукции:

$$I_{eco} = W/R, \quad (1)$$

где I_{eco} – индекс экологичности производства;

W – поток отходов (химические вещества и энергетические выбросы), попадающий во внешнюю среду и являющийся потерей ресурсов;

R – поток ресурсов (исходное сырье, комплектующие изделия, полуфабрикаты).

В данном случае рассчитанный индекс экологичности производства I_{eco} сравнивается с индексом экологичности производства оптимальным I_{eco}^{opt} и принимается решение о дальнейшем движении по дереву алгоритма. Соответствующая технология сравнения производится во всех случаях при выборе алгоритмических альтернатив.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно стратегии формирования эколого-ориентированного производства (4D), ключевым элементом перехода предприятия на экологически-ориентированную модель развития является разработка мер и действий в рамках экологического проекта с оценкой необходимых финансовых и трудовых ресурсов, целевых ориентиров (D_2). При этом экологические преобразования предполагают реинжиниринг основных, вспомогательных и обслуживающих процессов производства, модернизацию оборудования, внедрение наилучших доступных технологий, экологического менеджмента. Основанием для проведения реорганизации производственных процессов является экологическая декларация, закрепляющая намерение руководства предприятия к созданию экологического производства (D_1).

Под проектом по экологизации производства следует понимать мероприятия по организации производства, реализация которых позволяет снизить отрицательное воздействие производства на окружающую среду. Экологизация производственных процессов реализуется посредством внедрения в производство ресурсосберегающих технологий, организации природоохранного менеджмента. Процесс экологизации производства включает следующие основные этапы:

- формирование теоретико-методологических подходов к экологизации промышленного производства;

- обеспечение технико-экономических условий для проведения экологизации промышленного производства;

- разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий, позволяющих комплексно и рационально использовать ресурсы производства (первичное сырье, отходы производства и потребления).

В широком понимании организация экологических производственных систем может быть направлена не только на экологизацию производственных технологий, т.е. минимизацию расхода ресурсов, переработку отходов, применение эффективных методов очистки выбросов, но и на экологизацию продукции, т.е. создание экологически чистой продукции, использование которой наносит минимальный ущерб окружающей среде.

В данной статье нами рассматривается первый вариант, касающийся организации экологических производственных технологий, а именно реализация проектов по модернизации оборудования, реинжинирингу процессов, внедрению наилучших доступных технологий, системы экологического менеджмента. Следует отметить, что в настоящее время, развивающийся глобальный экономический кризис на фоне мировой пандемии, может оказать негативное воздействие на формирование экологической ответственности промышленных предприятий. Вместе с тем кризис может активизировать производства к внедрению ресурсосберегающих технологий с целью сохранения себестоимости продукции и повышения ее конкурентоспособности, сделать более прозрачной экологическую составляющую производимой продукции, и тем самым повысить имидж производителя [5,6].

Проектный подход к организации экологических производственных систем включает разработку как процессно-функциональной, так и алгоритмизированной модели жизненного цикла проекта. Необходимость построения алгоритма обусловлена наличием ряда условий и ограничений, необходимых для обеспечения успешной реализации проекта по экологизации производства [7]. Сущность проекта заключается в изменении параметров экологичности производства на выходе (после завершения проекта) по сравнению с параметрами экологичности производства на входе (до реализации проекта). Предлагаемая модель реализации проекта по организации экологической производственной системы включает 5 основных блоков – модулей:

1. Инициация проекта. Формирование целей и задач.

2. Разработка проекта (формирование ресурсной базы; разработка концепции и содержания проекта, оценка рисков; разработка це-

левых ориентиров проекта).

3. Организация выполнения проекта (формирование команды проекта; разработка плана мероприятий с учетом текущих процессов; обеспечение готовности подразделений системы).

4. Реализация и контроль.

5. Завершение проекта. Постпроектный анализ.

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма реализации проекта по экологизации промышленного производства. Блок-схема отражает принцип работы алгоритма по реализации проекта, что дает полное понимание происходящего процесса. Модульный принцип формирования алгоритма предусматривает пять основных последовательно соединенных структурных единиц. Структурные единицы, или модули, имеют на своем пути пять оценочных процедур, которые образуют ветвления с дальнейшим выбором алгоритмических альтернатив.

В течение жизненного цикла проекта при переходе на следующий этап осуществляется пять оценочных процедур. В таблице 1 нами предложен перечень оценочных процедур проекта по экологизации производства и индикативных параметров. В качестве индикативных параметров запланированы индексы, содержание которых может быть различным, в зависимости от характера экологического проекта и вида промышленного производства. В связи с этим, в настоящей статье методика расчета индикаторов не оговаривается, а данное направление является предметом для дальнейших научных разработок.

При запуске проекта, перед этапом 1 «Инициация проекта. Формирование целей и задач» осуществляется оценка параметров экологичности производства. Для этих целей предлагается использовать индекс экологичности I_{eco}^1 (index ecology) в качестве фактического параметра и, соответственно, индекс экологичности оптимальный I_{eco}^{opt} (index ecology optimal) в качестве нормативного параметра. При условии несоблюдения требований экологичности, т.е. при $I_{eco}^1 < I_{eco}^{opt}$ осуществляется переход на стадию инициации проекта (этап 1). В случае относительного экологического равновесия производственной системы ($I_{eco}^1 \geq I_{eco}^{opt}$), принимается решение о нецелесообразности проекта на данный момент времени и осуществляется выход из цикла [8,9].

По результатам первого этапа проекта оценивается степень технической готовности производственной системы к экологическим преобразованиям путем расчета индекса готовности производственной системы I_{read} (index production system readiness) и нормативного параметра – индекса готовности производственной системы оптимального I_{read}^{opt} (index production system readiness optimal). В данном случае детально изучаются и оцениваются технические особенности производства, а именно его классици-

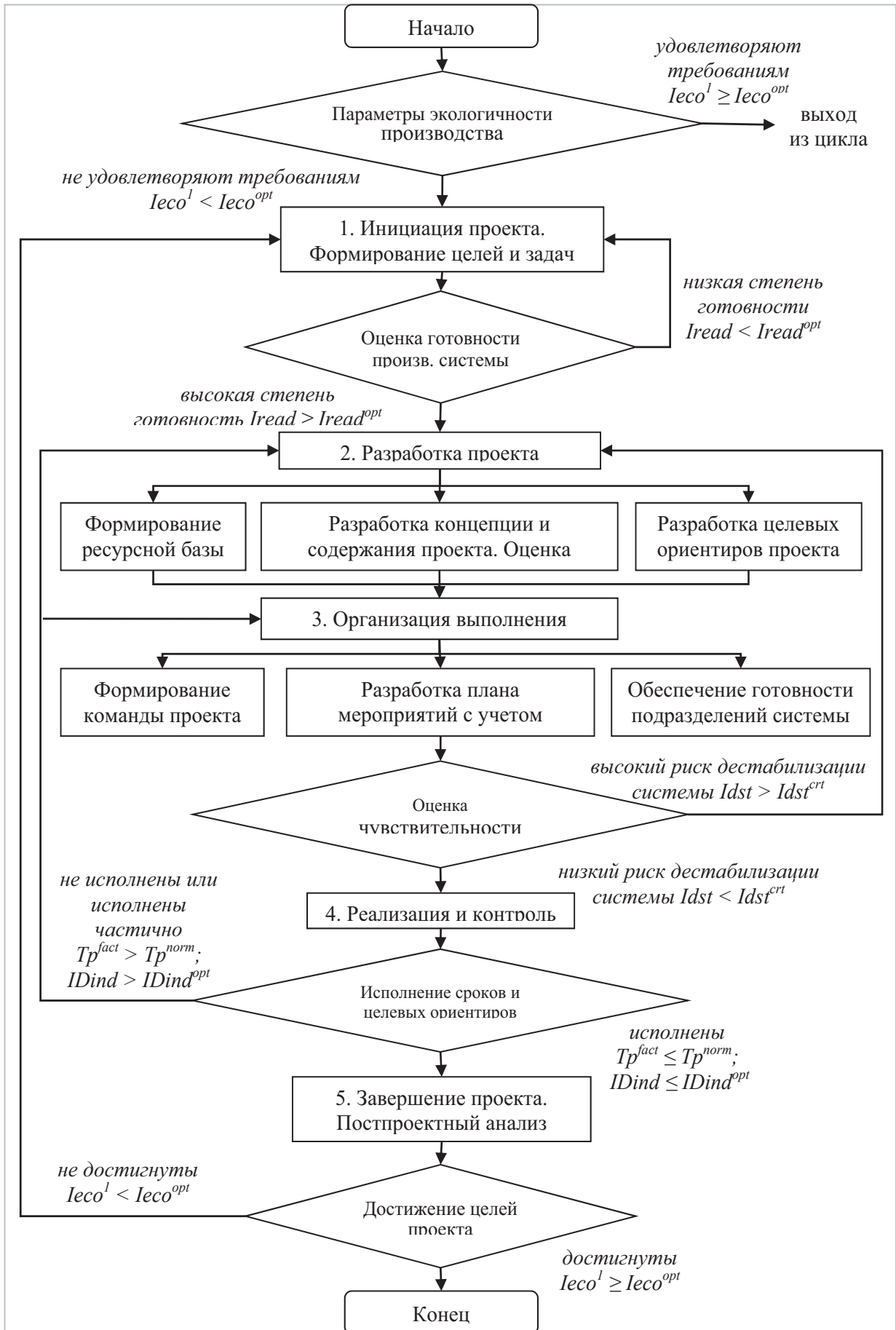


Рис. 1. Блок-схема алгоритма реализации проекта по экологизации промышленного производства

кационная категория (массовое или единичное производство, серийные или поточные линии и т.д.), степень специализации, осуществление загрузки, степень прерывистости движения, уровень автоматизации и информатизации. При высокой степени готовности производственной системы ($I_{read} \geq I_{read}^{opt}$) осуществляется переход на этап 2 «Разработка проекта». В случае $I_{read} < I_{read}^{opt}$, или низкой готовности производственной системы, принимается решение о возврате на этап 1 для внесения корректив в концепцию проекта, изменение целей и задач.

При переходе со второго этапа «Разработка проекта» на третий этап «Организация выполнения проекта» процедуры оценивания не предусмотрены. По нашему мнению, согласно вышеизложенному разработка проекта осуществляется после подтверждения технической готовности производственной системы и на данный момент реализации проекта не требуется оценки соответствия дополнительным условиям.

Результатом этапа 3 «Организация выполнения проекта» является формирование плана мероприятий проекта с учетом текущей про-

Таблица 1. Характеристика оценочных процедур на этапах жизненного цикла проекта по экологизации производства

Наименование этапа проекта	Наименования процедуры оценивания	Наименование индикативного параметра		Условие перехода на следующий этап проекта
		Фактический параметр	Нормативный параметр	
Начало	Оценка параметра экологичности производства	Индекс экологичности I_{eco}^1	Индекс экологичности оптимальный I_{eco}^{opt}	$I_{eco}^1 < I_{eco}^{opt}$
1. Инициация проекта. Формирование целей и задач	Оценка технической готовности производственной системы	Индекс готовности производственной системы I_{read}	Индекс готовности производственной системы оптимальный I_{read}^{opt}	$I_{read} \geq I_{read}^{opt}$
2. Разработка проекта	Процедура оценивания не предусмотрена			
3. Организация выполнения проекта	Оценка чувствительности производственных процессов	Индекс риска дестабилизации производственной системы I_{dst}	Индекс риска дестабилизации производственной системы критический I_{dst}^{crt}	$I_{dst} < I_{dst}^{crt}$
4. Реализация и контроль	Оценка исполнения сроков и целевых ориентиров	Время на реализацию этапов жизненного цикла проекта фактическое T_{p}^{fact}	Время на реализацию этапов жизненного цикла проекта нормативное T_{p}^{norm}	$T_{p}^{fact} \leq T_{p}^{norm}$
		Индекс отклонения проектных индикаторов I_{Dind}	Индекс отклонения проектных индикаторов оптимальный I_{Dind}^{opt}	$I_{Dind} \leq I_{Dind}^{opt}$
5. Завершение проекта. Постпроектный анализ	Оценка достижения целей проекта	Индекс экологичности I_{eco}^2	Индекс экологичности оптимальный I_{eco}^{opt}	$I_{eco}^2 \geq I_{eco}^{opt}$
Конец	Процедура оценивания отсутствует. Выход из цикла			

изводственной деятельности. В данном случае, считаем необходимым проведение оценки чувствительности производственных процессов к реализации мероприятий проекта путем определения индекса риска дестабилизации производственной системы $Idst$ (index production system destabilization risk). В качестве нормативного параметра предусмотрен индекс риска дестабилизации производственной системы критический $Idst^{crit}$ (index production system destabilization risk critical). Реализация проекта по экологизации производства представляет собой совмещение двух состояний промышленного объекта – это «стабильность» или стабильно функционирующая производственная система, и «развитие», возникающее при реализации на предприятии экологического проекта. Несомненно, экологические преобразования являются масштабным процессом и могут вносить возмущения в производственную систему, оказывать определенное воздействие на ее стабильность.

Следствием подобных возмущений может быть ощутимое снижение объемов производства, прибыли, потеря партнеров, рынков сбыта, излишние издержки и прочие явления, приводящие к финансовой неустойчивости, потере конкурентных позиций [10]. В этой связи переход на следующий этап жизненного цикла проекта осуществляется лишь при условии незначительного или низкого риска дестабилизации производственной системы ($Idst < Idst^{crit}$). В случае высокой чувствительности производственных процессов к реализации мероприятий проекта ($Idst > Idst^{crit}$), осуществляется возврат на этап 2 «Разработка проекта» для корректировки состава и сроков плана мероприятий.

После реализации проекта (этап 4) обязательна оценка исполнения сроков и целевых ориентиров. В этих целях предлагается использовать два параметра: время на реализацию этапов жизненного цикла проекта фактическое – Tr^{fact} (project lifecycle stage time fact) и индекс отклонения проектных индикаторов – $IDind$ (index project indicator deviation). Соответственно, для определения отклонения фактических проектных индикаторов от целевых, используется время на реализацию этапов жизненного цикла проекта нормативное – Tr^{norm} (project lifecycle stage time norm) и индекс отклонения проектных индикаторов оптимальный – $IDind^{opt}$ (index project indicator deviation optimal). При удовлетворительном выполнении сроков и целевых ориентиров ($Tr^{fact} \leq Tr^{norm}$, $IDind \leq IDind^{opt}$) осуществляется переход на этап 5 «Завершение проекта. Постпроектный анализ». В случае неисполнения заданных параметров или их частичном исполнении ($Tr^{fact} > Tr^{norm}$, $IDind > IDind^{opt}$) производится возврат на этап 2 «Разработка проекта» для изучения причин отклонений параметров и при-

ятия соответствующих решений в целях более точного планирования целевых ориентиров последующих возможных проектов.

На пятом этапе жизненного цикла проекта «Завершение проекта. Постпроектный анализ» производится оценка достижения ключевой цели проекта путем повторного сравнения индекса экологичности $Ieco^2$ (index ecology) с индексом экологичности оптимальным $Ieco^{opt}$ (index ecology optimal). При соблюдении условия $Ieco^2 \geq Ieco^{opt}$ проект по экологизации производства считается успешно завершенным. В случае невыполнения поставленных целей ($Ieco^2 < Ieco^{opt}$) осуществляется возврат на этап 1 «Инициация проекта. Формирование целей и задач» для анализа стартовой концепции проекта в целом и выявления причин недостижения планируемого индекса экологичности производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке теоретико-методологических подходов к экологизации промышленного производства получены следующие научно-практические результаты:

1. Определены ключевые элементы понятийного аппарата организации экологических производственных систем, касающиеся проектного подхода к проведению экологических преобразований. Обоснована необходимость разработки структурно-функциональной и алгоритмизированной модели процесса реализации проекта по экологизации производства.

2. Разработана блок-схема алгоритма реализации проекта по экологизации промышленного производства, включающая пять основных модулей – последовательных этапов жизненного цикла проекта. В целях повышения качества реализуемого проекта предусмотрен ряд оценочных процедур на основе установленных условий и органичений, результатом которых являются ветвления при переходе между модулями с дальнейшим выбором алгоритмических альтернатив.

3. Предложена характеристика оценочных процедур на этапах жизненного цикла проекта с указанием индикативных параметров и условиями перехода на следующий этап проекта по экологизации производства. При прохождении процедур оценивания предусмотрены контрольные индикаторы в виде оптимальных, критических или фактических параметров, позволяющие определять возможность или невозможность дальнейшего движения по дереву алгоритма. Обозначены потоки обратной связи между модулями, обеспечивающие корректировку планов проекта ввиду выявления элементов неготовности производственной системы к экологическим преобразованиям по организационным или техническим причинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Organization challenges of competitive petrochemical products production / T.V. Malysheva, A.I. Shinkevich, L.M. Ostanin, L.F. Zhandarova, T.V. Muzhzhavleva, E.A. Kandrashina // *Espacios*. 2018. Vol. 39. No. 9. P. 28.
2. Фисунова Е.Ю., Чертов Ю.Е. О моделировании экологической безопасности производства // В сборнике: 21 век: фундаментальная наука и технологии Материалы XXI международной научно-практической конференции. 2019. С. 138-140.
3. Мальшева Т.В. Использование автоматизированных информационных систем в управлении экологической устойчивостью обрабатывающих производств // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2019. №2. С. 148-153.
4. Васильева И.П. Модель развития системы стандартизации организации в условиях ограниченных ресурсов // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20. № 6. С. 74-77.
5. Мешалкин В.П. Современные концепции интенсификации и оптимизации энергоресурсоэффективности производств и цепей поставок нефтегазохимического комплекса // В сборнике Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения». 2017. С. 59-65.
6. Алиев Р.А., Гразион К.П. Роль экологической сертификации в переходе к моделям рационального производства и потребления // Отходы и ресурсы. 2018. Т. 5. № 3. С. 3.
7. Разработка алгоритмов проектной и цифровой поддержки методики решения проблем в области качества продукции машиностроения. Часть 1. / Д.В. Айдаров, В.Н. Козловский, А.В. Крицкий, А.Д. Муталов // Известия Самарского научного центра РАН. 2020. Т. 21. № 1. С. 14-23.
8. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 18-2116 «Производство основных органических химических веществ». Бюро НТД, 2016. 337 с.
9. Охачочкин С.В., Казачек Н.С. Экологические аспекты переработки отходов производства и потребления // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (Поиск). 2019. № 1-1. С. 351-354.
10. Issues of industrial production environmental safety in modern economy / A.N. Dyrdonova, A.I. Shinkevich, F.F. Galimulina, T.V. Malysheva, I.A. Zaraychenko, V.I. Petrov, M.V. Shinkevich // *Ekoloji*. 2018. Vol. 27. No. 106. P. 193-201.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHMIZED MODEL FOR THE IMPLEMENTATION OF THE PROJECT ON ECOLOGIZATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION

© 2020 T.V. Malysheva, A.I. Shinkevich

Kazan National Research Technological University

The article is devoted to the urgent problem of reducing the negative impacts of industrial enterprises on the environment and increasing the competitiveness of products. Minimization of environmental threats can be achieved by the development of environmental production, which today is difficult due to the imperfection of the mechanism for the practical implementation of environmental projects. The aim of the article is to formulate a valuation procedure methodology and develop an algorithmized model for the process of implementing a project for the greening of industrial production. To achieve this goal, we used the method of formalization and modeling, methods of cause and effect relationships and structural-functional analysis. To visualize the process of implementation of the project on the greening of production, the method of modular design of algorithms is used, which allows one to form an algorithm from structural algorithmic units using their serial connection or branching in compliance with established constraints and alternatives. The key elements of the conceptual apparatus of the organization of environmental production systems are identified that relate to the project approach to environmental change. The necessity of developing a structurally functional and algorithmized model of the process of implementing the project on the greening of production is substantiated. The block diagram of the algorithm for the implementation of the project on the greening of industrial production, including five consecutive stages of the project life cycle, has been developed. A number of evaluation procedures are provided on the basis of established conditions and constraints, the result of which are branches when switching between modules with a further selection of algorithmic alternatives. A characteristic of the evaluation procedures at the stages of the project life cycle is suggested, indicating indicative parameters and the conditions for the transition to the next stage of the project for the greening of production. When passing the assessment procedures, control indicators are provided in the form of optimal, critical or actual parameters, which allow determining the possibility or impossibility of further movement along the algorithm tree. The feedback flows between the modules are indicated, which provide for the adjustment of project plans due to the identification of elements of the unavailability of the production system for environmental changes for organizational or technical reasons. The results obtained are the basis for further research on the organization of environmental production systems, software development projects for the greening of production.

Keywords: greening of production, production system, algorithmized model, block diagram, indicator, resource saving.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-74-80

Malysheva Tatyana Vitalevna, Candidate of Economics, Associate Professor at the Logistics and Management Department. E-mail: tv_malysheva@mail.ru

Шинкевич Алексей Иванович, Doctor of Economics, Head of the Department of Logistics and Management.

E-mail: ashinkevich@mail.ru