

УДК 338.22.021.4

**МОДЕЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ  
ВЛИЯНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ  
ПРЕДПРИЯТИЙ СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Ю.А. ТРИЧ**

*(Брестский государственный технический университет)*

*Представлены результаты анализа количественного влияния мероприятий по снижению экологической нагрузки отдельных предприятий стекольной промышленности Республики Беларусь. Посредством решения обычной детерминированной задачи линейного программирования выполнен расчет их эколого-экономической эффективности. Разработана экономико-математическая модель, с помощью которой возможно количественно оценить влияние мероприятий по снижению экологической нагрузки анализируемых предприятий. Разработана стохастическая (P-постановка с детерминированными ограничениями) задача, позволяющая оценить данные параметры в более общей формулировке. Определено, что относительные значения коэффициентов влияния определяют риски проведения соответствующих мероприятий.*

**Ключевые слова:** экологическая нагрузка предприятия, экономико-математическая модель, стекольная промышленность, стохастическая задача.

**Введение.** В настоящее время уделяется большое внимание проблемам устойчивого экономического развития территорий в рамках возрастающей конкуренции за использование природного богатства, ограниченности природных ресурсов и сохранения благоприятной окружающей среды для населения страны.

В условиях обострения конкуренции на потребительских рынках устойчивость предприятий стекольной промышленности обеспечивается в ходе реализации стратегии, направленной на максимальное удовлетворение потребительского спроса на производимую продукцию. Формирование стратегии ресурсосбережения стекольной промышленности предопределяет необходимость совершенствования различных систем управления предприятиями на основе рационализации и оптимизации товарных потоков, решения задач, разработки экономико-математических моделей и методик.

Ресурсосбережение в стекольной промышленности Республики Беларусь – сложный объект управления, который осуществляется посредством научно обоснованного планирования рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, разработки организационно-технических и экономико-экологических мероприятий по обеспечению равновесия в природной среде и контроля за их выполнением.

Устойчивое функционирование и развитие предприятия стекольной промышленности определяется его способностью своевременно реагировать на изменения внешней и внутренней среды, что отражается в показателях, характеризующих его финансовую безопасность, а также необходимостью ориентироваться на внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий в контексте предупреждающей экологической политики.

Уровень эффективности использования природного сырья – это не только показатель экономической оценки природопользования, но и инновационного развития предприятий регионов. Природоёмкость стекольной промышленности является показателем эффективности природопользования, определяемым соотношением объемов используемых природных ресурсов к произведенной продукции. Величина показателей природоёмкости зависит от эффективности использования природных ресурсов, получаемой на их основе продукции, технологических процессов, связанных с преобразованием природных ресурсов, и уровня безотходности технологий.

Воздействие на окружающую среду – неизбежное следствие существования и деятельности человека. Проблема состоит не в том, чтобы исключить это воздействие, а в том, чтобы его «сделать» максимально эффективным для окружающей среды и экономики. Важным инструментом в ее решении выступает *экологизация природопользования*.

Между природной средой и экономикой существует тесная органическая связь, которую можно представить следующим образом: «экосистема – природные ресурсы – материальные ресурсы – конечный продукт – экосистема». Природное вещество, добытое с целью получения конкретного продукта для удовлетворения разнообразных потребностей, в сфере общественного производства трансформируется в материальный ресурс. Экономия последнего, т.е. его эффективное использование, экономически обеспечивает постоянное продуцирование и воспроизводство экосистем (экологический эффект).

Оценка количественного влияния мероприятий по снижению экологической нагрузки отдельных предприятий стекольной промышленности Республики Беларусь и явилась целью данного исследования.

**Основная часть.** Одним из главных направлений современной экономики природопользования является обеспечение достижения целевых параметров качества окружающей среды с минимальными затратами, осуществив компромиссный выбор между экономическим развитием и экологической опасностью.

*Предлагаемая экономико-математическая модель* позволяет количественно оценить влияние мероприятий по снижению экологической нагрузки предприятий стекольной промышленности Республики Беларусь. Разработанная *стохастическая (P-постановка с детерминированными ограничениями) задача* позволяет оценить данные параметры в более общей формулировке. Определено, что относительные значения коэффициентов влияния определяют *риски проведения соответствующих мероприятий*.

Посредством решения обычной детерминированной задачи линейного программирования проведен расчет эколого-экономической эффективности ОАО «Гомельстекло» и ОАО «Гродненский стеклозавод».

**Анализ количественного влияния мероприятий по снижению экологической нагрузки на примере двух предприятий стекольной промышленности Республики Беларусь: ОАО «Гомельстекло» и ОАО «Гродненский стеклозавод».** Данная задача имеет многоплановый характер, однако в качестве определяющего направления оценки выбирается его финансовый эквивалент воздействия производства на природу, но с учетом влияния затрат на мероприятия по уменьшению экологической нагрузки.

Оценка вложений в организационные, проектные и технические решения является достаточно сложно формализуемой задачей; в соответствии с методом цепочек вложения можно рассматривать как эффект от мероприятий на предыдущем этапе. Далее задача может быть сведена к обычной задаче линейного программирования.

Размер вложений по каждому виду мероприятий за соответствующий год принимается за норму расхода на определенный вид мероприятия за данный год (аналог нормы расхода сырья на единицу выпускаемой продукции). За цену соответствующего вида мероприятий принимается эффективность вложений, определенная с учетом [1]. В качестве ограничений по ресурсам используется эффективность за год по всем мероприятиям данного предприятия (аналог запаса продукции каждого вида).

Влияние каждого мероприятия оценивается весовым коэффициентом (аналог количества выпускаемой продукции данного вида), составляющим план применения мероприятий.

В качестве целевой функции выбирается сумма произведений весовых коэффициентов мероприятий на цену каждого мероприятия. Полученная сумма при этом максимизируется, что вызвано необходимостью максимизации эффекта от вложений в мероприятия по снижению экологической опасности (в соответствии с методом цепочек может стать вложением на следующем этапе).

Рассматривая все вышеуказанные показатели как детерминированные величины, получаем детерминированную постановку задачи линейного программирования.

*Эколого-экономическая политика предприятия* – это политика ресурсосбережения и экологизации производства на основе повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и роста его эколого-экономической стоимости, обеспечивающей органическое сочетание текущих и долгосрочных целей инновационного развития.

При подготовке предприятиями мероприятий по природоохранной деятельности (в увязке с бизнес-планами) с целью сокращения негативного воздействия на окружающую среду необходимо включать такие аспекты природоохранной деятельности, как:

- разработка и совершенствование технологических процессов;
- строительство;
- реконструкция и оборудование природоохранных и ресурсосберегающих объектов;
- содержание и эксплуатация очистных сооружений и установок для утилизации отходов.

**Расчет эколого-экономической эффективности предприятия**

Согласно [1, с. 256] эколого-экономическая эффективность  $\mathcal{E}$  рассчитывается по формуле (1):

$$\mathcal{E} = \frac{Ц - М}{М + Отх}, \quad (1)$$

где  $Ц$  – цена продукции;  $М$  – материальные затраты;  $Отх$  – стоимость отходов.

Расчет эколого-экономической эффективности ОАО «Гродненский стеклозавод» за 2013–2016 годы приведен в таблице Excel в соответствии с мероприятиями и применением формул (таблица 1).

Здесь материальные затраты  $М$  рассчитываются как затраты на производство, дополненные затратами на мероприятия по экологии. При этом для учета каждого мероприятия используется сумма затрат на конкретное мероприятие. Стоимость отходов рассчитывается как общий их вес, умноженный на цену единицы веса. Цена единицы веса принята равной 10 000 руб. (в ценах до 2016 года).

Таблица 1. – Расчет эколого-экономической эффективности ОАО «Гродненский стеклозавод» за 2013–2016 годы в таблице Excel в соответствии с мероприятиями и применением формул

	A	B	C	D	E	F
1	Показатели	2013	2014	2015	2016	Формулы для расчетов
2	Кол-во отходов, образ. на предприятии	3517,529	3664,09	5591,247	5121,11	для столбца "B" (для остальных столбцов аналогично)
3						
4	Кол-во отходов, поступ. от других организ. и физ. лиц	2145,015	1069,529	193,01	392,6	
5						
6	Суммарное кол-во отходов	5662,544	4733,619	5784,257	5513,71	"=B2+B4"
7	Цена 1 т. $\sigma$ отходов					10000
8						
9	Выручка от реализации	8,05E+11	1,25E+12	1,15E+12	1,21E+12	
10	Затраты	7,30E+11	9,00E+12	1,00E+12	1,23E+12	
11	Затраты на экологию	152113,7	0	18747100	20359000	"=СУММ(B19:B25)"
12	прибыль без учета экологии	7,50E+10	-7,75E+12	1,50E+11	-2,00E+10	"=B9-B10"
13	прибыль с учетом экологии	7,50E+10	-7,75E+12	1,50E+11	-2,00E+10	"=B12-B11"
14	цена отходов (при цене 1т - 1'000руб.)	56625440	47336190	57842570	55137100	"=B6*\$F\$7"
15	Отходы с затратами	7,30E+11	9,00E+12	1,00E+12	1,23E+12	"=B14+B10+B11"
16	Эффективность	1,03E-01	-8,61E-01	1,50E-01	-1,63E-02	"=B13/B15"
17						
18						
19	Мероприятие1	113,7				
20	Мероприятие2	152000				
21	Мероприятие3			18730000		
22	Мероприятие4			17100		
23	Мероприятие5				13000	
24	Мероприятие6				20000000	
25	Мероприятие7				346000	
26	Суммарные затраты по мероприятиям	152113,7	0	18747100	20359000	"=СУММ(B19:B25)"

Источник: собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

Реализация Р-постановки для ОАО «Гомельстекло»

Вначале решается обычная детерминированная задача линейного программирования. Для ее решения используется электронная таблица (рисунок 1 с представлением значений, рисунок 2 – с формулами).

	A	B	C	D	E
19	Мероприятие1	113,7			
20	Мероприятие2	152000			
21	Мероприятие3			18730000	
22	Мероприятие4			17100	
23	Мероприятие5				13000
24	Мероприятие6				20000000
25	Мероприятие7				346000
26		152113,7	0	18747100	20359000

	A	B	C	D	E	F
47	Коэффициент участия мероприятия	k1	k2	k3	k4	k5
48		0,4350293	0,5649698	0,673389	0,763348	0,0075
49	затраты год/мероприятие					
50		2013	113,700	152000	0	0
51		2014	0	0	0	0
52		2015	0	0	18730000	17100
53		2016	0	0	0	13000
54	Сумм. Эффект от мероприятия ( цена)					
55						
56			113,7	152000	18730000	17100
57			4,45E-02	5,77E-02	6,88E-02	7,80E-02

	G	H	I	J	K	L	M	N
47	k6	k7						
48	0	0,11245						
49								
50	0	0		1,02E-01	1,02E-01	0,102	0,102	
51	0	0		0	0,00E+00	-0,861	0,861	
52	0	0		1,47E-01	1,47E-01	0,147	0,147	
53	20000000	346000		1,23E-02	1,23E-02	-0,012	0,012	
54				0				
55								ЦФ
56	20000000	346000						2,61E-01
57	0,00E+00	1,15E-02						

Рисунок 1. – Решение детерминированной задачи линейного программирования с представлением значений в соответствии с мероприятиями для ОАО «Гомельстекло»

Источник: собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

	A	B	C	D	E
19	Мероприятие1	113,7			
20	Мероприятие2	152000			
21	Мероприятие3			18730000	
22	Мероприятие4			17100	
23	Мероприятие5				13000
24	Мероприятие6				20000000
25	Мероприятие7				346000
26		=СУММ(B19:B25)	=СУММ(C19:C25)	=СУММ(D19:D25)	=СУММ(E19:E25)

	A	B	C	D	E	F	G
47	Коэффициент уча	k1	k2	k3	k4	k5	k6
48		0,435029264245298	0,564969758592442	0,673388601280016	0,763348351072772	0,007496645807529	0
49	затраты год/меро						
50	2013	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)
51	2014	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)
52	2015	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)
53	2016	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)	=ТРАНСП(B19:E25)
54	Сумм. Эффект от а						
55							
56		=СУММ(B50:B52)	=СУММ(C50:C52)	=СУММ(D50:D53)	=СУММ(E50:E53)	=СУММ(F50:F53)	=СУММ(G50:G53)
57		=(B\$9-\$B\$10-B50)/(	=(B\$9-\$B\$10-C50)/(	=(B\$9-\$B\$10-D50)/(	=(B\$9-\$B\$10-E50)/(	=(B\$9-\$B\$10-F50)/(	=(B\$9-\$B\$10-G50)/(

	H	I	J	K	L	M	N
47	k7						
48	0,112449687112945						
49							
50	=ТРАНСП(B19:E25)		=B57+C57	=ABS(J50)	=B16	=ABS(L50)	
51	=ТРАНСП(B19:E25)			=ABS(J51)	=C16	=ABS(L51)	
52	=ТРАНСП(B19:E25)		=D57+E57	=ABS(J52)	=D16	=ABS(L52)	
53	=ТРАНСП(B19:E25)		=F57+G57+H57	=ABS(J53)	=E16	=ABS(L53)	
54							
55							ЦФ
56	=СУММ(H50:H53)						=СУММ(B57:H57)
57	=(B\$9-\$B\$10-H50)/(						

Рисунок 2. – Решение детерминированной задачи линейного программирования с представлением значений по формулам для ОАО «Гомельстекло»

Источник: собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

Формула для ОАО «Гомельстекло» для ячейки B57

$$= (B\$9-B\$10-B50)/(B\$10+B50+B\$14)*B48$$

Здесь содержится та часть эффективности, которая образована первым мероприятием, сумма мероприятия содержится в ячейке B50; B48 – содержит коэффициент влияния мероприятия 1. Аналогично для C57-H57:

$$C57 = (B\$9-B\$10-C50)/(B\$10+C50+B\$14)*C48$$

$$D57 = (B\$9-B\$10-D50)/(B\$10+D50+B\$14)*D48$$

$$E57 = (B\$9-B\$10-E50)/(B\$10+E50+B\$14)*E48$$

$$F57 = (B\$9-B\$10-F50)/(B\$10+F50+B\$14)*F48$$

$$G57 = (B\$9-B\$10-G50)/(B\$10+G50+B\$14)*G48$$

$$H57 = (B\$9-B\$10-H50)/(B\$10+H50+B\$14)*H48$$

Подобным образом произведем расчет для ОАО «Гродненский стеклозавод».

Вначале также решается обычная детерминированная задача линейного программирования.

Формула для ОАО «Гродненский стеклозавод» для ячейки B57:

$$B57 = (E\$9-E\$10-B53)/(E\$10+B53+E\$14)*B48.$$

Здесь содержится та часть эффективности, которая образована первым мероприятием, сумма мероприятия содержится в ячейке B53; B48 – содержит коэффициент влияния мероприятия 1.

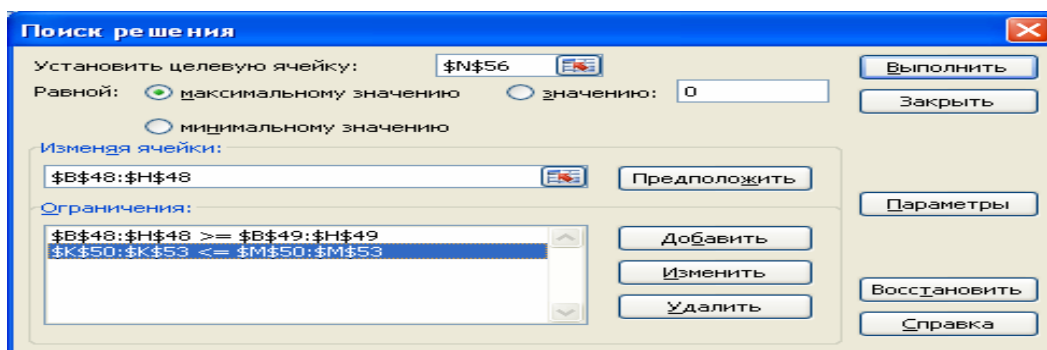
Аналогично C57 – E57:

$$C57 = (E\$9-E\$10-C53)/(E\$10+C53+E\$14)*C48$$

$$D57 = (E\$9-E\$10-D53)/(E\$10+D53+E\$14)*D48$$

$$E57 = (E\$9-E\$10-E53)/(E\$10+E53+E\$14)*E48$$

Для собственного решения используется модуль анализа Excel. Его параметры для решения данной задачи для ОАО «Гомельстекло» (для ОАО «Гродненский стеклозавод» рассматриваются 4 колонки – с В по Е) приведены на рисунке 3.



**Рисунок 3. – Решение задачи стохастического программирования для ОАО «Гомельстекло» и ОАО «Гродненский стеклозавод»**

*Источник:* собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

Полученное значение целевой функции эффекта хранится в ячейке № 56. Данное значение является входным параметром для решения задачи  $P$ -постановки и средним значением для интегральной функции нормального распределения. На базе выражения (2) из [2] имеем

$$v[x] = \frac{\sigma[x]}{M[x]}, \quad (2)$$

где  $\sigma[x]$  – стандартное отклонение случайной величины  $x$ ;  $M[x]$  – среднее значение случайной величины  $x$ ;  $v[x]$  – коэффициент варибельности, при заданном значении коэффициента варибельности  $v[x] = 0,2$  определяется стандартное отклонение интегральной функции нормального распределения.

В качестве целевой используется функция нормального распределения. Ограничения по ресурсам снимаются, так как задача достижения вероятности достижения целевой функцией эффективности, равной 0,6, требует увеличения вложений в ресурсы. Детерминированная задача линейного программирования достигает своего решения с вероятностью 0,5.

Для обеспечения ситуации, когда она станет заведомо не хуже, а лучше, требуются дополнительные ресурсы. Их можно оценить в результате решения данной задачи. Вероятность 0,5 предполагает, что ситуация может стать как хуже, так и лучше.

Для решения задачи  $P$ -постановки с детерминированными ограничениями при  $P$ , стремящемся к 0,6, используется следующее дополнение к электронным таблицам решения детерминированной задачи линейного программирования (рисунок 4 с представлением значений и формул).

	N	O	P		N	O	P
53	ЦФ	$v=$	0.2	53	ЦФ	$v=$	0.2
54	2.75E-01	$M[\text{ЦФ}] =$	2.61E-01	54	=СУММ(B55:H55)	$M[\text{ЦФ}] =$	0.261302664570647
55		$\sigma[\text{ЦФ}] =$	0.052261	55		$\sigma[\text{ЦФ}] =$	=P54*P53
56	2.61E-01	$P[\text{ЦФ}] =$	0.6	56	0.261302664570647	$P[\text{ЦФ}] =$	=НОРМРАСП(N54;P54;P55;1)

**Рисунок 4. – Решение задачи  $P$ -постановки с детерминированными ограничениями с представлением значений и формул**

*Источник:* собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

Параметры для решения данной задачи для ОАО «Гомельстекло» (для ОАО «Гродненский стеклозавод») рассматриваются колонки с В по Е) приведены на рисунке 5.

Решение задачи  $P$ -постановки для вероятности достижения целевой функцией эффективности максимального значения требует еще большего увеличения ресурсов, чем для задачи  $P$ -постановки с вероятностью 0,6.

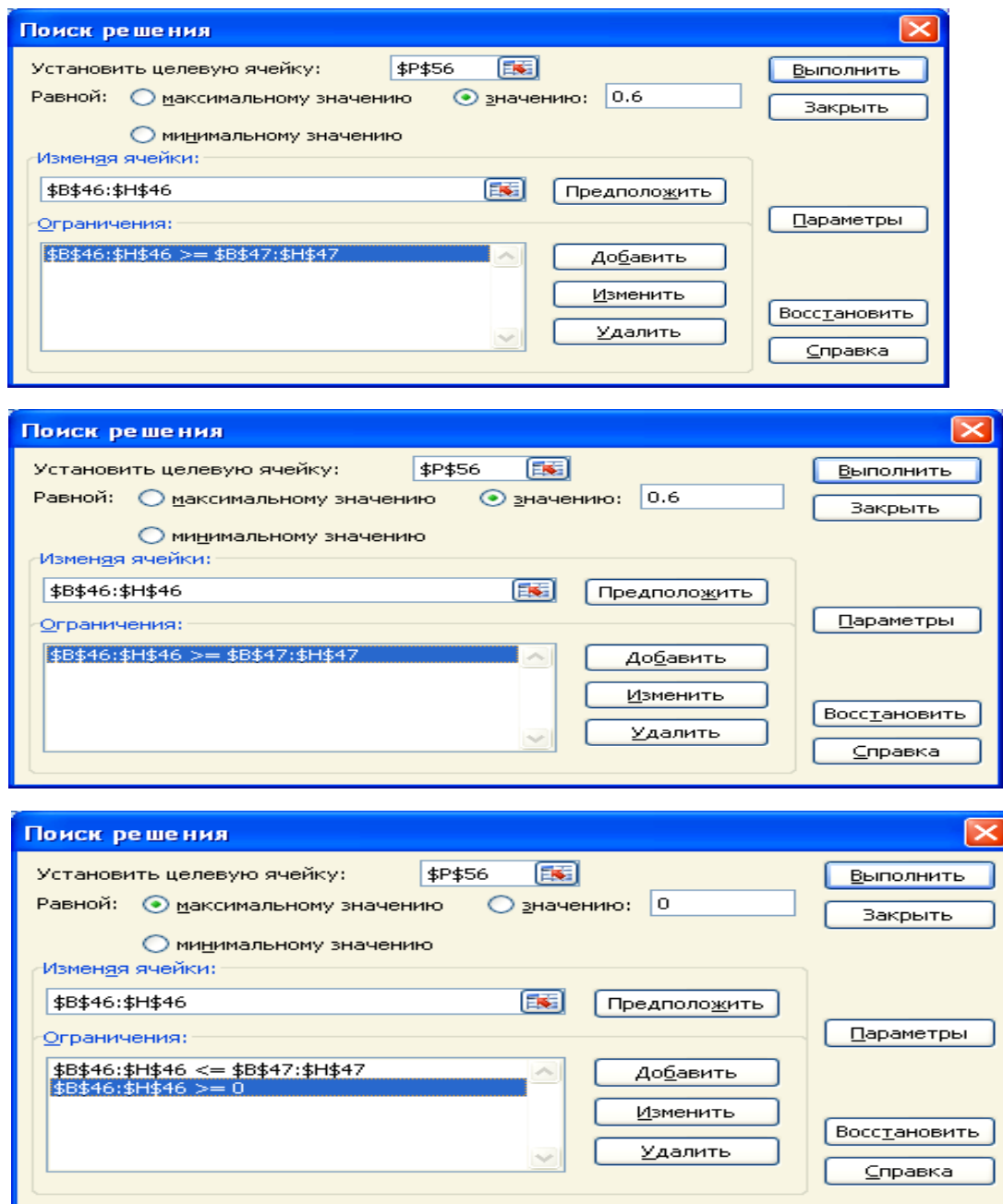


Рисунок 5. – Параметры для решения задачи Р-постановки для ОАО «Гомельстекло» и ОАО «Гродненский стеклозавод»

Источник: собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

Таблица для решения и параметры приведены на рисунке 6 (показаны варианты для ОАО «Гомельстекло» и для ОАО «Гродненский стеклозавод») соответственно рассматриваются колонки от В до Е), целевая ячейка устремляется не к заданному, а к максимальному значению. Добавляются ограничения на весовые коэффициенты влияния параметров мероприятий, так как задача достижения максимальной вероятности может требовать бесконечного их увеличения.

В качестве верхней границы выбираются значения, равные трехкратному максимальному из весовых значений коэффициенту.

Трехкратное значение выбирается исходя из правила трех сигм, на основании которого считается, что до 95% значений попадают в диапазон:

$$(M - 3\sigma, M + 3\sigma).$$

	B	C	D	E	F	G	H
45	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
46	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
47	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

	N	O	P
53	ЦФ	v=	0.2
54	1.72E+00	M[ЦФ]=	2.61E-01
55		$\sigma$ [ЦФ]=	0.052261
56	2.61E-01	P[ЦФ]=	1

	N	O	P
53	ЦФ	v=	0.2
54	=СУММ(B55:H55)	M[ЦФ]=	0.261302664570647
55		$\sigma$ [ЦФ]=	=P54*P53
56	0.261302664570647	P[ЦФ]=	=НОРМРАСП(N54;P54;P55;1)

**Рисунок 6. – Решение задачи Р-постановки для вероятности достижения целевой функцией эффективности максимального значения**

Источник: собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

**Анализ показателей вложений в мероприятия по снижению экологической опасности ОАО «Гродненский стеклозавод» и ОАО «Гомельстекло»**

На основе проведенного анализа сформирована система показателей. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты расчетов по снижению экологической опасности ОАО «Гродненский стеклозавод» и ОАО «Гомельстекло»

<b>ОАО «Гродненский стеклозавод»</b>	ДЗЛП	k1	k2	k3	k4			
		0.25	0.250003	0.25	0.250001			
		Ресурсы		ЦФ				
		0.014283	0.014283	0.014283				
	P = 0,6	k1	k2	k3	k4			
		0.262668	0.26267	0.262668	0.262669			
			Ресурсы	ЦФ				
				0.015007				
		0.015007	0.014283					
	Pmax	k1	k2	k3	k4			
		7.8	7.799973	7.799999	7.799987			
			Ресурсы	ЦФ				
				0.44564				
		0.44564	0.014283					

Окончание таблицы 2

<b>ОАО «Гомельстекло»</b>	ДЗЛП	k1	k2	k3	k4	k5	k6	
		0.435029	0.56497	0.673389	0.763348	0.007497	0	0.11245
			Ресурсы	ЦФ				
		0.102204	0.102	0.261303				
		0	0.000					
		0.14684	0.147					
		0.012259	0.012					
	P = 0,6	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
		0.453536	0.583476	0.691895	0.781855	0.026003	0.018507	0.130956
			Ресурсы	ЦФ				
		0.105987	0.106	0.274543				
		0	0.000					
		0.150623	0.151					
		0.017933	0.018					
	Pmax	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
			Ресурсы	ЦФ				
		0.490578	0.491	1.717024				
		0	0.000					
		0.490579	0.491					
	0.735868	0.736						

Источник: собственная разработка автора на основе анализа сформированной системы показателей.

Из таблицы 2 видно, что для детерминированной задачи линейного программирования и для  $P = 0,6$  значения весовых коэффициентов сохраняют одинаковые относительные значения.

При этом необходимо отметить, что для ОАО «Гродненский стеклозавод» мероприятия равнозначны, для ОАО «Гомельстекло» наиболее значимы k3 (мероприятие 3 – Оснащение стекловаренной печи № 1 установкой для очистки отходящих газов с котельной (мини-ТЭЦ), использующей тепло отходящих газов стекловаренной печи); k4 (мероприятие 4 – Реконструкция газоочистных установок с заменой рукавного фильтра СМЦ-166А на полигональный горизонтальный фильтр (источник № 203) цеха полированного стекла).

Исходя из проведенного анализа следует, что целевая функция эффекта от мероприятий растет с увеличением вероятности её достижения, однако для ситуации, когда произойдет перелом в лучшую сторону, увеличение вложений составляет 10–15%. Гарантированное достижение лучшей ситуации достигается при увеличении одного из ресурсов максимум в 3 раза. При этом наблюдается, возможно, нелинейная зависимость между возрастанием вероятности улучшения ситуации и затратами.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований получены *результаты, содержащие научную новизну*: разработанная экономико-математическая модель четко указывает на зависимость, позволяющую количественно оценить влияние мероприятий по снижению экологической нагрузки пред-



приятый. Рассмотрена стохастическая (P-постановка с детерминированными ограничениями) задача, позволяющая оценить данные параметры в более общей формулировке. Разработанная модель представлена в виде задачи линейного программирования и апробирована на данных отдельных предприятий стекольной промышленности Республики Беларусь за период с 2013 по 2016 год, которая решена в MS Excel с помощью надстройки «Поиск решения».

Необходимо также отметить, что относительные значения коэффициентов влияния определяют риски проведения соответствующих мероприятий, т.е. если значения коэффициентов влияния  $k_1 < k_2$ , то относительный риск проведения мероприятия 1 выше, чем мероприятия 2.

Полученные результаты исследования могут быть учтены при разработке экономической политики для предприятий стекольной промышленности и их стратегий развития на последующие годы.

Полученные результаты исследования и сформулированные выводы могут быть применены в рамках государственной политики Республики Беларусь в области ресурсосбережения и экологической безопасности стекольной промышленности, закрепленной в законодательных актах по повышению эффективности использования ресурсного потенциала страны, а также использованы на предприятиях стекольной промышленности Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экономика природопользования: учеб.-метод. пособие / А.В. Неверов [и др.] ; под общ. ред. А.В. Неверова. – Минск : Колорград, 2016. – 400 с.
2. Курицкий, Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 / Б.Я. Курицкий. – СПб. : BHV, 1997. – 384 с.

Поступила 12.04.2018

#### MODEL OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE IMPACT OF MEASURES TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL LOAD OF GLASS INDUSTRY ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

*Yu. TRYCH*

*The results of the analysis of the quantitative impact of measures to reduce the environmental load of some enterprises of the glass industry of the Republic of Belarus are presented. By solving the usual deterministic linear programming problem, their ecological and economic efficiency is calculated. An economic-mathematical model has been developed, with the help of which it is possible to quantify the impact of measures to reduce the environmental burden of the analyzed enterprises. A stochastic (P-formulation with deterministic constraints) problem is developed, which makes it possible to evaluate these parameters in a more general formulation. It is determined that the relative values of the impact factors determine the risks of carrying out the corresponding measures.*

**Keywords:** *environmental load of the enterprise, economic-mathematical model, glass industry, stochastic problem.*