

# Математическая модель поиска оптимального варианта государственной поддержки инновационного развития экономики региона



**Е. В. Кизиль,**  
к. э. н., доцент,  
ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре  
государственный технический университет  
kisil\_ev@mail.ru



**А. Н. Тимошенко,**  
магистр техники и технологии, кафедра  
социальной работы, государственного  
и муниципального управления, факультет  
государственного управления и права,  
Комсомольский-на-Амуре технический университет  
chaienger@inbox.ru

*Рассмотрен механизм определения минимального объема государственного финансирования мероприятий по инновационному развитию и модернизации экономики региона на основе экспертной оценки его инвестиционной привлекательности. Предложен подход к определению количественной оценки составляющих потенциала развития территории и его инновационной доли на основе выделения средств через государственные целевые программы. Обозначена ключевая роль объема инновационной составляющей в каждом из компонентов совокупного потенциала развития, что адекватно действию данной составляющей потенциалов в отдельности при полном вовлечении их инновационных компонентов в хозяйственные процессы локальной территории. В качестве методического инструментария использовался алгоритм планирования эксперимента, в основе которого лежит ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка. Результаты исследования могут быть использованы в перспективе при разработке модели регулирования потенциала развития на основе институционализации финансово-экономических отношений региона*

**Ключевые слова:** инвестиционный потенциал, инвестиционная привлекательность, инновационная составляющая потенциала развития, оптимизация государственных вложений в инновации.

## Введение

Для развития системы необходимы определенные условия, основанные на рассмотрении инноваций и инновационных процессов и как источника, и как цели существования системы. При этом недостаточно позиционировать систему только как отвечающую на вызовы окружения (реактивные инновации), но и как планирующую инновации (стратегические инновации) [2]. Обозначив стратегические ориентиры развивающейся системы на повышение степени ее инновационности (доли инновационной составляющей в комплексном потенциале развития), следует коснуться источников ее обеспеченности ресурсами. На сегодняшний день это, в основном, собственные средства предприятий и кредиты банков, государственная поддержка инноваций в регионах не столь значительна. Между тем, по нашему мнению, регулирующая роль государства в стимулировании инвестиционной активности регионов неоспорима и должна только укрепляться. В табл. 1 отражена структура источников

финансирования инвестиций в Хабаровском крае в 2010-2014 гг. Как показывают данные табл. 1, доля бюджетных средств в объеме привлеченных ресурсов колеблется от 16% в 2010 г. до 36,8% в 2014 г. Тенденция к ее росту сопровождается увеличением доли региональных бюджетов в общем объеме инвестиций (от 2,6% в 2010 г. до 4,8% в 2014 г.). В условиях высокого уровня неопределенности и повышенного динамизма внешней среды современные подходы к разработке и внедрению программ инновационного развития, на наш взгляд, недостаточно ориентированы на инвестиционный потенциал развития регионов и степень его реализуемости.

Отсутствие эффективных способов и механизмов внедрения инновационных программ развития регионов не позволяет в полной мере оценить связь между инвестиционным климатом территории и потребностью в определенном объеме выделяемых средств на инновации. Увеличение поступлений в региональные (местные) бюджеты, рост занятости доли высокоинтеллектуального труда и, как следствие,

Таблица 1  
Структура источников финансирования инвестиций  
в основной капитал, %

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Собственные средства предприятий	26,2	20,7	29,4	36,7	34,3
Привлеченные средства, в том числе:	73,8	79,3	70,6	63,3	65,7
бюджетные средства, в том числе:	12,5	12,3	20,7	21,3	24,2
средства региональных бюджетов	2,6	2,5	3,9	4	4,8

Составлено по данным [12]

доходов населения — далеко не полный перечень свидетельств активизации инновационных процессов в регионах [3]. Несбалансированность объемов инвестиций в регионах требует разработки модели оценки количества и качества инвестиционных вложений в региональную инновационную сферу [5]. Между тем, практика показывает, что уровень инновационного развития территорий зависит от степени интенсивности инвестиционных процессов на местах. Большинство работ, посвященных инновационному развитию, рассматривает инновационный потенциал в связке с инвестиционными возможностями территорий. Так, Д. Г. Федотенков подчеркивает, что инновационный потенциал является совокупностью трех его составляющих: науки, образования и инвестиций [11]. На уровне региона «инвестиционный потенциал определяется его географическим положением, размером территории, статусом самого региона в стране, взаимоотношениями с центром, стоимостью земли и других ресурсов, ...а также эффективностью их размещения» [6]. Исследуя понятие инновационного потенциала, Е. В. Скурихина отмечает, что региональная инновационная политика связана с инвестиционной деятельностью [8]. Зависимость инновационной активности предприятий от объемов инвестированных в основной капитал средств и внутренних затрат на научные исследования наглядно представлена на примере Хабаровского края в табл. 2.

Общий тренд сокращения инвестиций в экономику региона в 2013 г. соответствует снижению внутренних затрат на научные исследования и разработки и падению инновационной активности предприятий (табл. 2). Между тем, примечателен следующий факт: темп снижения инвестиций в основной капитал в 2013 г. по сравнению с 2010 г. (–4%) соответствует росту инновационной активности предприятий за этот же период на 4%. Это сопровождается положительным ростом собственных средств, вложенных предприятиями в развитие (темп роста 31%), снижением доли привлеченных инвестиций (темп снижения 11%) и увеличением внутренних затрат региона на научные исследования (темп роста 24%). Таким образом, происходит изменение структуры источников финансирования инновационной деятельности: замещение доли средств извне — на внутренние источники развития. В этом плане небезосновательно мнение, что достаточно

Таблица 2  
Показатели инвестиционной активности Хабаровского края и инновационной активности предприятий

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Инвестиции в основной капитал на душу населения, млн руб.	156439	180508	179907	150078
Внутренние затраты на научные исследования и разработки, млн руб.	990,8	1050,1	1311,9	1228,3
Инновационная активность организаций	11,1	15,5	13,6	11,6

Составлено по данным [12]

развитая в инновационном плане территория получает меньше инвестиций, так как рост затрат на технологические инновации способствует наращиванию объемов инновационных товаров, работ, услуг, снижая тем самым потребность территории в дополнительных вливаниях средств. Это может привести к тому, что процессы развития будут проходить медленно, что называется «вялотекущими» темпами, инновационная составляющая потенциала развития уменьшится. Следовательно, роль органов власти должна заключаться в научно обоснованном определении оптимальных объемов средств, выделяемых на развитие территории с целью предотвращения падения инновационной активности в регионах.

Акцент на взаимном влиянии инновационной и инвестиционной составляющих развития, которое определяется, прежде всего, зависимостью инновационного развития региона от степени благоприятствования его инвестиционного климата, характерен для многих научных исследований в данной сфере [10]. Инвестиционный климат, по мнению большинства авторов, является функцией инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности. Одним из подходов к оценке инвестиционной привлекательности в качестве основополагающей характеристики рассматривается инвестиционный потенциал территории с учетом ее инвестиционного риска.

## Основная часть

С целью совершенствования методики определения объемов выделяемых государством средств на инновационное развитие региона было исследовано влияние инвестиционного потенциала и рисков инвестирования территории на целевые показатели (индикаторы), предусмотренные государственной целевой программой «Инновационное развитие и модернизация экономики Хабаровского края», утвержденной до 2020 г. в части повышения инновационной активности предприятий, организаций [7]. Индикаторами программы являются затраты на технологические инновации; объем инновационных товаров, работ, услуг; инновационная активность организаций; число используемых передовых производственных технологий; количество специалистов, повысивших квалификацию.

В качестве методического инструментария использовался метод планирования эксперимента, в основе которого лежит ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) второго порядка, позволяющий получить достаточно точные аппроксимирующие выражения модели «в условиях неопределенности, порожденной действием случайных факторов» [4]. Следует отметить, что применение активных экспериментов распространяется на множество сфер жизнедеятельности человека, в которых имеет место результативный процесс управления, в том числе и в социально-экономической сфере, характеризующейся неравновесностью и не всегда качественной организованностью и регулируемостью из-за параллельно протекающих процессов и явлений различной этиологии.

Количественные показатели инвестиционного потенциала и риска территории (факторы) в динамике рассматриваются как экспериментальные переменные  $X_1 (I_{\text{п}})$  и  $X_2 (I_{\text{р}})$ , влияющие на выходную функцию цели  $Y$ , в нашем случае представляющую собой объем финансирования государственной программы инновационного развития в части повышения инновационной активности организаций:

$$Y = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n).$$

Факторы могут изменяться случайным образом и зависеть от множества системных и несистемных влияний среды на инвестиционный климат территории. Проблема «снятия показаний», то есть количественного определения факторов, может решаться с использованием вероятностно-статистических методов расчета потенциала и риска, опирающихся на экспертные данные или статистический массив показателей, выбор которых зависит от требований исследователя к точности модели. В пользу применения метода планирования эксперимента для исследования социально-экономических систем говорит ряд открывающихся при его использовании возможностей:

- получить обширный объем информации о состоянии системы, характеризующейся нелинейностью связанных с ее функционированием процессов;
- моделировать многофакторные зависимости, находить экстремум функции цели в пределах факторного пространства и оптимально управлять процессами системы;
- математически описать процесс с целью совершенствования его механизма;

- ранжировать факторы по степени их влияния на целевую функцию;
- корректировать и уточнять взаимосвязи в объекте исследования, которые ранее были известны.

Выполнимость условий, при которых может быть использован рассматриваемый метод, подтверждается следующими аргументами:

- используемые факторы (потенциал и риск) измеряемы, совместимы и независимы друг от друга, их можно варьировать в допустимых пределах, поддерживая на определенном уровне, используя, в частности, административный ресурс;
- целевая функция четко определена количественно, непрерывна и монотонна (объем финансирования программы утвержден, заранее известен, при этом каждому потенциалу и риску поставлен в соответствие вполне определенный уровень финансирования).

Численные значения инвестиционного потенциала и рисков инвестирования Хабаровского края определялись на основе экспертной оценки развития территории, сделанной рейтинговым агентством «Expert RA». Ранг инвестиционного потенциала Хабаровского края в соответствии с рейтинговой оценкой агентства «Expert RA» по годам представлен в табл. 3. Оценка инвестиционной привлекательности может быть определена на основе инвестиционного потенциала с корректировкой на коэффициент, учитывающий инвестиционный риск [1]:

$$I_{\text{пр}} = 0,1 I_{\text{п}} I_{\text{р}}.$$

Результаты расчетов для каждого инвестиционного года сведены в табл. 3.

Точность моделей, а также результаты эксперимента в целом зависят от выбора интервалов варьирования переменных факторов: инвестиционного потенциала и рисков инвестирования региона. Задача осложняется тем, что оценка факторов дается экспертами исходя из собственных расчетов и наблюдений за определенный период времени (5 лет). В ходе расчетов нами принято допущение, что изменение факторов также происходит по времени (за каждый год), а определенному году соответствует свой ранг инвестиционного потенциала и инвестиционного риска. Интервалы варьирования инвестиционного потенциала и рисков инвестирования региона представлены в табл. 4. Исходные уровни факторов определяются усреднением их значений на рассма-

Таблица 3

Оценка инвестиционной привлекательности Хабаровского края, согласно рейтингу «Expert RA»

Параметр	Период				
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Инвестиционный потенциал	30	32	34	34	34
Инвестиционный риск	67	44	35	41	30
Инвестиционная привлекательность	201	140,8	119	139,4	102

Составлено на основе данных [13, 14]

Таблица 4

Интервалы варьирования факторов [9]

Экспериментальные факторы	Интервалы варьирования факторов				
	$-\alpha$	-1	0	1	$\alpha$
Инвестиционный потенциал $I_{\text{п}}$	36	36	36,5	37	37
Риск инвестирования $I_{\text{р}}$	30	30	45	60	60

Примечание:  $\alpha=1$  — «звездная точка» для двухфакторного ОЦКП второго порядка.

Исходные данные для «проведения» эксперимента

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2020	2025
1. Затраты на технологические инновации, млн руб.	3871,7	4258,8	4646	5575,2	6129,4	6742,4	7355	10059	13376
2. Объем инновационных товаров, работ, услуг, млн руб.	4557	6424	6380	6783	8241	9026	9811	10447	11868
3. Инновационная активности организаций, %	11,1	11,1	11,2	11,3	11,3	11,4	11,4	11,6	11,8
4. Число используемых передовых производственных технологий, ед.	2347	2356	2371	2401	2433	2509	2585	2963	3417
5. Количество специалистов, повысивших квалификацию, чел.	661	530	75	75	75	75	75	75	150

Составлено на основе программы «Инновационное развитие и модернизация экономики Хабаровского края» [7]

триваемом промежутке времени (5 лет). Максимальное и минимальное значения потенциала и риска в период с 2010 по 2014 гг. устанавливаем в соответствии с принципами кодировки (+1; -1). Поскольку строится двухфакторная модель ( $m=2$ ), общее количество опытов  $N$  в двухфакторном плане ОЦКП составляет 9 ( $N=2^m+2m+n_0$ ; число опытов в нулевой точке  $n_0$  равно 1). Программой же однозначно определены только семь временных периодов (2010...2015 и 2020 гг.). В качестве недостающего дополнительного числа экспериментов взяты данные 2016, 2017, 2018, 2019 гг. и 2025 г., значения программных индикаторов в которых спрогнозированы нами на основе имеющейся динамики (табл. 5). Таким образом, по уже известным входным показателям (факторам) задаемся пределами их изменения, наиболее близкими к имеющимся значениям, но в тоже время не широкими, дабы получить корректные результаты, приближенные к показателям программы. Такой подход дает возможность прогнозирования инвестиционной привлекательности региона, которая является функцией инвестиционного потенциала и инвестиционных рисков территории и в наибольшей степени влияет на возможность ее инновационного развития. На основе установленных в табл. 4 интервалов варьирования факторов проведена серия расче-

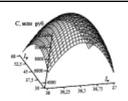
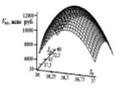
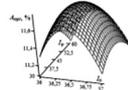
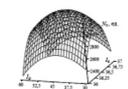
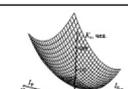
тов в соответствии с двухфакторным ОЦКП второго порядка. В результате получены математические модели (табл. 6) и определены допустимые области исследования целевой функции (рис. 1).

По полученным уравнениям в факторном пространстве построены поверхности отклика для зависимости  $C=f(I_{II}, I_P)$ ,  $V_{ит}=f(I_{II}, I_P)$ ,  $A_{орг}=f(I_{II}, I_P)$ ,  $N_T=f(I_{II}, I_P)$ ,  $K_c=f(I_{II}, I_P)$ . Полученная в результате расчетов математическая модель затрат на технологические инновации позволяет рассмотреть их зависимость от двух факторов на поверхности отклика при использовании известных показателей программы и найти в факторном пространстве минимальное значение затрат ( $C_{min}=7725,37$  млн руб.). Эта точка на поверхности отклика соответствует значениям в относительных единицах измерения инвестиционного потенциала  $I_{II}=-0,97$  и инвестиционного риска  $I_P=-0,26$ . Данным координатам соответствуют истинные значения факторов: инвестиционного потенциала  $I_{II}=36,01$  и инвестиционных рисков  $I_P=41,1$ .

При поиске оптимального варианта инвестирования в программы инновационного развития территории были заданы ограничения, которые ориентированы на целевые показатели программы по соответствующим индикаторам [7]:

Таблица 6

Аналитическая и графическая интерпретация модели целевой функции и индикаторов программы

Показатель	Аналитическая интерпретация моделей	Графическая интерпретация модели (поверхность отклика)
1. Затраты на технологические инновации, млн руб.	$C=12120-321,55 \cdot I_{II}-799,1 \cdot I_P+135,5 \cdot I_{II} \cdot I_P-5059 \cdot I_P^2-2788 \cdot I_{II}^2$	
2. Объем инновационных товаров, работ, услуг, млн руб.	$V_{ит}=12250-509,17 \cdot I_{II}-469,67 \cdot I_P-366 \cdot I_{II} \cdot I_P-3807 \cdot I_P^2-2311 \cdot I_{II}^2$	
3. Инновационная активности организаций, %	$A_{орг}=11,74-0,03 \cdot I_{II}-0,07 \cdot I_P+0,03 \cdot I_{II} \cdot I_P-0,4 \cdot I_P^2-0,2 \cdot I_{II}^2$	
4. Число используемых передовых производственных технологий, ед.	$N_T=3177-19,17 \cdot I_{II}-74,5 \cdot I_P+5,25 \cdot I_{II} \cdot I_P-585,5 \cdot I_P^2-282,5 \cdot I_{II}^2$	
5. Количество специалистов, повысивших квалификацию, чел.	$K_c=1+21,83 \cdot I_{II}+173,5 \cdot I_P+32,75 \cdot I_{II} \cdot I_P+148,5 \cdot I_P^2-148,5 \cdot I_{II}^2$	

Составлено авторами

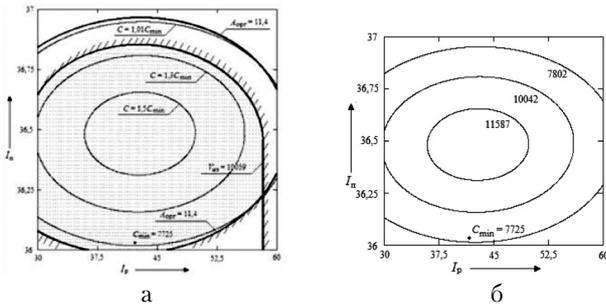


Рис. 1. Результаты исследования целевой функции: а – область исследования; б – контурный график

- затраты на технологические инновации ( $C$ ) не должны превышать 10059 млн руб. (конечные затраты на выполнение программы до 2020 г.) и иметь минимальное значение;
- инновационная активность организаций ( $A_{орг}$ ) должна быть более 11,4%;
- объем инновационных товаров, работ, услуг ( $V_{ит}$ ) после 5 лет должен быть больше 9026 млн руб.

Данные значения взяты из упомянутой целевой программы с ориентировкой на соответствующие индикаторы. Выбор факторов, по которым предусмотрены ограничения, определялся их значимостью для предприятия. На рис. 1 показана допустимая область поиска варианта расчета (заштрихованная зона), ограниченная значениями:  $A_{орг} = 11,4\%$ ,  $V_{ит} = 10059$  млн руб. и  $C = 1,01 \cdot C_{min}$ .

Для более точного поиска координат искомой области с учетом накладываемых ограничений целесообразно использовать метод прямого перебора с использованием ЭВМ и программы TurboBasic.

Оценить адекватность полученных математических моделей возможно, используя критерий Фишера  $F$  [9]:

$$F = S_r^2 / S_e^2 = (5,568 \cdot 105) / (8,909 \cdot 106) = 0,063,$$

где  $S_r^2$  – остаточная дисперсия;  $S_e^2$  – дисперсия воспроизводимости.

Таблица 7

Промежуточные расчеты  
для определения критерия Фишера

$y_i$	$\hat{y}_i$	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$	$(\hat{y}_i - y^{cp})^2$
3871,7	3289	582,7	339539	12965600,6
4258,8	3661	597,8	357365	10425005,94
4646	4617	29	841	5165518,827
5575,2	5531	44,2	1953,64	1846277,049
6129,4	6741	-611,6	374055	22134,82716
6742,4	7384	-641,6	411651	244255,6049
7355	8535	-1180	1392400	2706756,16
10059	10130	-71	5041	10499040,05
	$\sum_{i=1}^k \hat{y}_i$		$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$	$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y^{cp})^2$



Рис. 2. Представление инновационного потенциала развития системы

Остаточная дисперсия, являющаяся мерой ошибки описания экспериментальных данных рассматриваемым уравнением:

$$S_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{f_R} = \frac{4,455 \cdot 10^6}{8} = 0,063,$$

где  $y_i$  – результат  $i$ -го параллельного измерения;  $\hat{y}_i$  – результат  $i$ -го расчетного значения;  $f_R = n - p = 14 - 6 = 8$  – число степеней свободы остаточной дисперсии;  $n$  – количество экспериментальных точек;  $p$  – число значимых параметров уравнения регрессии;

$$n = 2^m + 2m + n_c = 2^2 + 2 \cdot 2 + 6 = 14,$$

где  $n_c$  – число повторных опытов в центре плана;  $m=2$  – число факторов.

Значения  $p, n_c$  взяты согласно [9] для  $m=2$ .

В табл. 7 представлены промежуточные расчеты для проверки модели на адекватность.

Дисперсия воспроизводимости:

$$S_e^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y^{cp})^2}{f_e} = \frac{7,127 \cdot 10^7}{8} = 8,909 \cdot 10^6,$$

где  $y^{cp}$  – среднее значение из всех параллельных измерений;  $f_e = k - 1 = 9 - 1 = 8$  – число степеней свободы дисперсии воспроизводимости;  $k$  – число параллельных измерений.

Среднее значение из всех параллельных измерений:

$$y^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^k \hat{y}_i}{k} = \frac{6,201 \cdot 10^4}{9} = 6,89 \cdot 10^3.$$

Сравнивая полученное значение критерия Фишера с квантилями распределения Фишера  $F_{табл} = 3,4$  [9] получим, что  $F < F_{табл}$ . Следовательно, построенная нами модель является адекватной.

Позиционируя инновационную составляющую потенциала развития локальной социально-экономической системы как сумму ее величины в каждом из компонентов потенциала, при ее определении можно ориентироваться на степень подготовленности инфраструктуры для нововведений, а также ресурсные возможности территории (рис. 2). Доля инновационной составляющей в инвестиционно-предпринимательской, имущественно-бюджетной и институциональной компонентах потенциала развития, как нам видится, суммарно должна определить тот необходимый количественный уровень инновационного потенциала, который будет адекватен действию компонентов потенциалов в части их инновационного объема при полном во-

влечении каждой из них в хозяйственные процессы территории.

При этом интегральная оценка инновационного потенциала локальной социально-экономической системы может быть определена следующим образом:

$$I = a_i (b_i \text{ ИП}) + a_j (b_j \text{ ИБ}) + a_k (b_k \text{ И}),$$

где  $b_i, b_j, b_k$  – вес инвестиционно-предпринимательской (ИП), имущественно-бюджетной (ИБ), институциональной (И) составляющих потенциала развития муниципального образования в его общей оценке соответственно;  $a_i, a_j, a_k$  – доли инновационной составляющей в конкретной компоненте комплексного потенциала развития муниципального образования.

При этом  $a_i + a_j + a_k = 1$ ;  $b_i + b_j + b_k = 1$ <sup>1</sup>.

Таким образом, инновационный потенциал, являясь частью комплексного потенциала развития, наполняется за счет составляющих потенциала благодаря присутствию его в каждой из трех компонент (рис. 2). Он «зреет» в недрах породившей его ресурсно-инфраструктурной базы возможностей системы и в наибольшей степени способствует ее развитию. Следовательно, «опорный» потенциал муниципального образования представляет собой каркас возможностей системы, основанных на использовании инновационной части совокупного потенциала, которая соответствует оптимальному ресурсному потреблению. Методическая оценка инновационного потенциала основывается на системном и комплексном подходах, рассматривающих объект исследования как систему, что требует от субъектов сбалансированного использования ресурсов для ведения инновационной деятельности. Поэтому изложенный в работе подход к определению финансирования государственной инновационной программы развития экономики региона, соответствующего уровню его инвестиционной привлекательности, на основе применения алгоритма планирования эксперимента на базе ОЦКП второго порядка кажется нам перспективным. Он может быть использован при оценке и планировании комплексного потенциала развития территории и его инновационной составляющей на основе институционализации финансово-экономических отношений локальных социально-экономических систем.

## Выводы

Результаты настоящего исследования позволили разработать рекомендации по выбору оптимального варианта инвестиций в государственную программу инновационного развития территории. Для государственной целевой программы «Инновационное развитие и модернизация экономики Хабаровского края», утвержденной до 2020 г., оптимальные затраты на ее выполнение будут соответствовать изменению инвестиционного потенциала территории в пределах  $I_{\text{п}} = 36...36,8$  и инвестиционного риска – в пределах  $I_{\text{р}} = 37,5...45$  (табл. 4). Общая сумма затрат на техно-

логические инновации в рамках выполнения исследуемой государственной целевой программы снизится на 2333,63 млн руб.

Таким образом, использование ОЦКП второго порядка позволило решить задачу синтеза (по заданным свойствам отыскать требуемые параметры системы), причем применение квадратичного полинома способствовало разработке более адекватной модели целевой функции. Так удалось определить минимальный объем финансирования государственной инновационной программы в части инновационного развития субъектов хозяйствования, соответствующий известному уровню инвестиционной привлекательности территории. Исследование модели по критерию Фишера показало адекватность модели. Данный подход может быть использован при корректировке очередного этапа реализации региональных (муниципальных) программ развития в отношении объемов выделяемых средств как по отдельным пунктам и разделам программы, так и в целом. Алгоритм представляется следующей последовательностью действий:

- подготовка исходных данных (объема финансирования, запланированного программой и т. д.) и составление плана эксперимента относительно факторов потенциала и риска<sup>2</sup>;
- осуществление стандартной обработки результатов эксперимента и получение выражения для целевой функции (стоимость финансирования программы развития) в полиномиальной форме с учетом предусмотренных программой ограничений (обязательность достижения индикативных значений);
- определение значений потенциала и риска, соответствующих минимальной стоимости финансирования;
- проверка модели на адекватность (коэффициент аппроксимации, точность модели);
- корректировка очередного этапа реализации программы по объему выделяемых средств.

Значения инвестиционного потенциала и риска, соответствующие минимальному объему финансирования (корни полинома, описывающего динамику затрат на технологические инновации (табл. 6)), можно использовать для определения инвестиционной емкости региона (муниципального образования) и его способности «переварить» инвестиции. Применение данных показателей в качестве базы для ретроспективного анализа инвестиционной привлекательности региона позволяет усовершенствовать процесс планирования региональных (муниципальных) программ развития в части их финансирования с помощью метода планирования эксперимента.

В работе обозначены направления дальнейших исследований в части разработки методики количествен-

<sup>2</sup> Определенную трудность может представить процедура сбора и обработки экспертных данных потенциала и риска территории. Кроме того, необходимо свести к минимуму субъективность оценки входных факторов математической модели, которая требует точных расчетов. Считаем целесообразным перейти на количественные методы обработки статистического массива данных, определяющих потенциал и риск территории, опирающиеся, например, на метод многомерной средней.

<sup>1</sup> Коэффициенты могут быть найдены как на основе статистических данных, так и экспертным путем.

ного определения составляющих потенциала развития локальной территории на основе программно-целевого подхода выделения ресурсов развития и с использованием метода планирования эксперимента на базе ОЦКП второго порядка. Анализ «пула» программ развития разной направленности (на территории действуют программы: управление государственными финансами, поддержка малого и среднего бизнеса, улучшение делового и инвестиционного климата и др.) с использованием изложенного подхода позволит определить оптимальную величину и других составляющих потенциала развития территории.

## Список использованных источников

1. А. Н. Асаул, Б. М. Карпов, В. Б. Перевазкин, М. К. Старовойтов. Модернизация экономики на основе технологических. СПб: АНО ИПЭВ, 2008. – 606 с. [http://www.aup.ru/books/m5/5\\_4.htm](http://www.aup.ru/books/m5/5_4.htm).
2. Г. И. Жиц. Некоторые рассуждения о методологии оценки инновационного потенциала социально-экономических систем различного уровня сложности // Инновации, № 87, 2008. С. 69-73.
3. А. В. Зимовец. Мезоинновационные риски как фактор развития региона: монография. Таганрог: Издательство А. Н. Ступина, 2009. [http://www.aup.ru/books/m1500/2\\_3.htm](http://www.aup.ru/books/m1500/2_3.htm).
4. Б.А. Ивоботенко, Н.Ф. Ильинский, И.П. Копылов. Планирование эксперимента в электромеханике. М, Энергия, 1975. – 184 с.
5. В. А. Кряквина. Инновационный потенциал в контексте устойчивого социально-экономического развития регионов: автореф. дис. ... канд. соц. наук: 22.00.03. Москва, Изд-во РАНХиГС, 2012. – 26 с.
6. Т. Б. Кувалдина, Е. А. Штеле. Инвестиции и инвестиционный потенциал как экономические категории // Инновации и инвестиции. № 3. 2010. С. 106-111.
7. Постановление Правительства Хабаровского края № 212-пр от 26 июня 2012 г. «Об утверждении государственной целевой программы «Инновационное развитие и модернизация экономики Хабаровского края». <http://pandia.ru/text/78/087/15524.php>.
8. Е. В. Скурихина. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, содержание, факторы состояния и развития // Молодой ученый. № 3. 2012. С. 192-195. <http://www.moluch.ru/archive/38/4373>.
9. Т. Н. Гартман, В. В. Васильев, С. Д. Петрищев и др. Статистическая обработка результатов активного эксперимента. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2006. – 52 с.
10. Стимулирование инновационно-инвестиционного развития регионов. <http://ezarabotok.info/stimulirovanie-innovacionno-investicionnogo-razvitiya-regionov>.
11. Д. Г. Федотенков, А. А. Падалко. Инвестиционно-инновационный потенциал как основа развития экономики региона // Молодой ученый. № 3. 2014. С. 565-572.
12. Интернет-портал Росстата. <http://www.gks.ru>.
13. Сайт рейтингового агентства «Expert РА». [http://raexpert.ru/rankingtable/region\\_climat](http://raexpert.ru/rankingtable/region_climat).
14. Индексы общероссийской общественной организации малого и среднего предпринимательства Опора России 2010-2011. <http://perm.opora.ru/analysis/research>; [http://magru.net/pubs/3325/Predprinimatelskiy\\_klimat\\_v\\_Rossii\\_Indeks\\_OPORY\\_-2012](http://magru.net/pubs/3325/Predprinimatelskiy_klimat_v_Rossii_Indeks_OPORY_-2012); [http://magru.net/pubs/3325/Predprinimatelskiy\\_klimat\\_v\\_Rossii\\_Indeks\\_OPORY-2013-2014](http://magru.net/pubs/3325/Predprinimatelskiy_klimat_v_Rossii_Indeks_OPORY-2013-2014).

## Mathematical model of search for the optimal variant of public funding of innovative economy development of a region

**E. V. Kizil<sup>1</sup>**, Phd in Economics, Associate professor, State federal budget institution of higher education «Komsomolsk-on-Amur state technical university».

**A. N. Timoshenko**, Master of engineering and technology, The Department of Faculty of Public Administration and Law, Department of Social work and state municipal management, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Khabarovsk region, Komsomolsk-on-Amur).

The mechanism of determining the minimum amount of government funding for innovative development and modernization of the region's economy on the basis of an expert assessment of its investment attractiveness is considered. An approach to the definition of a quantitative estimation of the development potential components of the territory and its innovative share-based allocation of funds through state programs is suggested. The key role of volume of the innovative component in each component of total development potential which is equivalent to the action of the component potentials separately with the full involvement of their innovative components in the business processes of the local area. As methodological tool the experiment scheduling algorithm which is based on orthogonal central composite design (OCCD) of the second order was used. The results of the study can be used in the future in the development model of regulating of the potential development through the institutionalization of financial and economic relations of the region.

**Keywords:** innovative potential, investment attractiveness, innovative component of potential development, optimization of state investments in innovation.