

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-2>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/143TVN215.pdf>

DOI: 10.15862/143TVN215 (<http://dx.doi.org/10.15862/143TVN215>)

**УДК 624.04. 69.003.13**

**Шейн Александр Иванович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский университет архитектуры и строительства»

Россия, Пенза<sup>1</sup>

Доктор технических наук

Профессор

Заведующий кафедрой «Механика»

E-mail: shein-ai@yandex.ru

**Раевский Леонид Алексеевич**

ФГБОУ ВПО «Пензенский университет архитектуры и строительства»

Россия, Пенза

Кандидат технических наук

Доцент кафедры «Экономика, организация и управление производством»

E-mail: leonidr905@rambler.ru

## **Экономическая эффективность применения новых технологий для уменьшения колебаний высотных сооружений**

---

<sup>1</sup> 440028, Россия, Пенза, ул. Германа Титова, 28

**Аннотация.** Разработан алгоритм, позволяющий осуществить оценку технико-экономической эффективности предложенной ранее технологии гашения колебаний при строительстве сооружений башенного типа. Для расчета эффективности использования технологии гашения колебаний высотных сооружений авторами учитываются следующие основные принципы: метод сравнительной экономической эффективности; сопоставимость сравниваемых вариантов; учет фактора времени; учет ограничений по ресурсам.

Проведен анализ теоретического исследования поведения сооружений башенного типа с динамическими гасителями колебаний при различных воздействиях. Выявлена недостаточность теоретических разработок для определения экономического эффекта от применяемых технологий защиты зданий от колебаний и вибраций. В статье обосновывается уровень эффективности, определяемый рациональностью решений, принятых в отдельных этапах технологии, а также рациональностью их взаимосвязи. Авторами проводится технико-экономическая оценка на всех стадиях разработки вариантов. Оценке подвергается как технология в целом, так и отдельные ее части с целью детального выявления всех факторов, определяющих уровень эффективности сравниваемых решений.

**Ключевые слова:** экономическая эффективность; гашение колебаний; новые технологии.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Шеин А.И., Раевский Л.А. Экономическая эффективность применения новых технологий для уменьшения колебаний высотных сооружений // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №2 (2015)  
<http://naukovedenie.ru/PDF/143TVN215.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/143TVN215

## **Введение**

При описании объекта интеллектуальной собственности (гасителя колебаний), при создании и реализации математической гашения колебаний, как правило, описывается только техническая сторона задачи, без подсчета выгоды от реализации нового технического решения. В данной работе авторы ставят задачу разработки алгоритма оценки экономической эффективности технологии гашения колебаний высотных сооружений. Выбор методики оценки технико-экономической эффективности применения разработанного метода по борьбе с колебаниями высотных сооружений башенного типа базируется на существующих методологических разработках, с одной стороны, и на системном анализе объекта оценки, с другой стороны.

## **Проведение теоретических исследований**

В статье представлен алгоритм оценки технико-экономической эффективности, приведенный на рис. 1, отражающий в обобщенном виде последовательность действий при оценке и выборе решений.

Для расчета эффективности использования технологии гашения колебаний высотных сооружений авторами учитываются следующие основные принципы: метод сравнительной экономической эффективности; сопоставимость сравниваемых вариантов; учет фактора времени; учет ограничений по ресурсам.

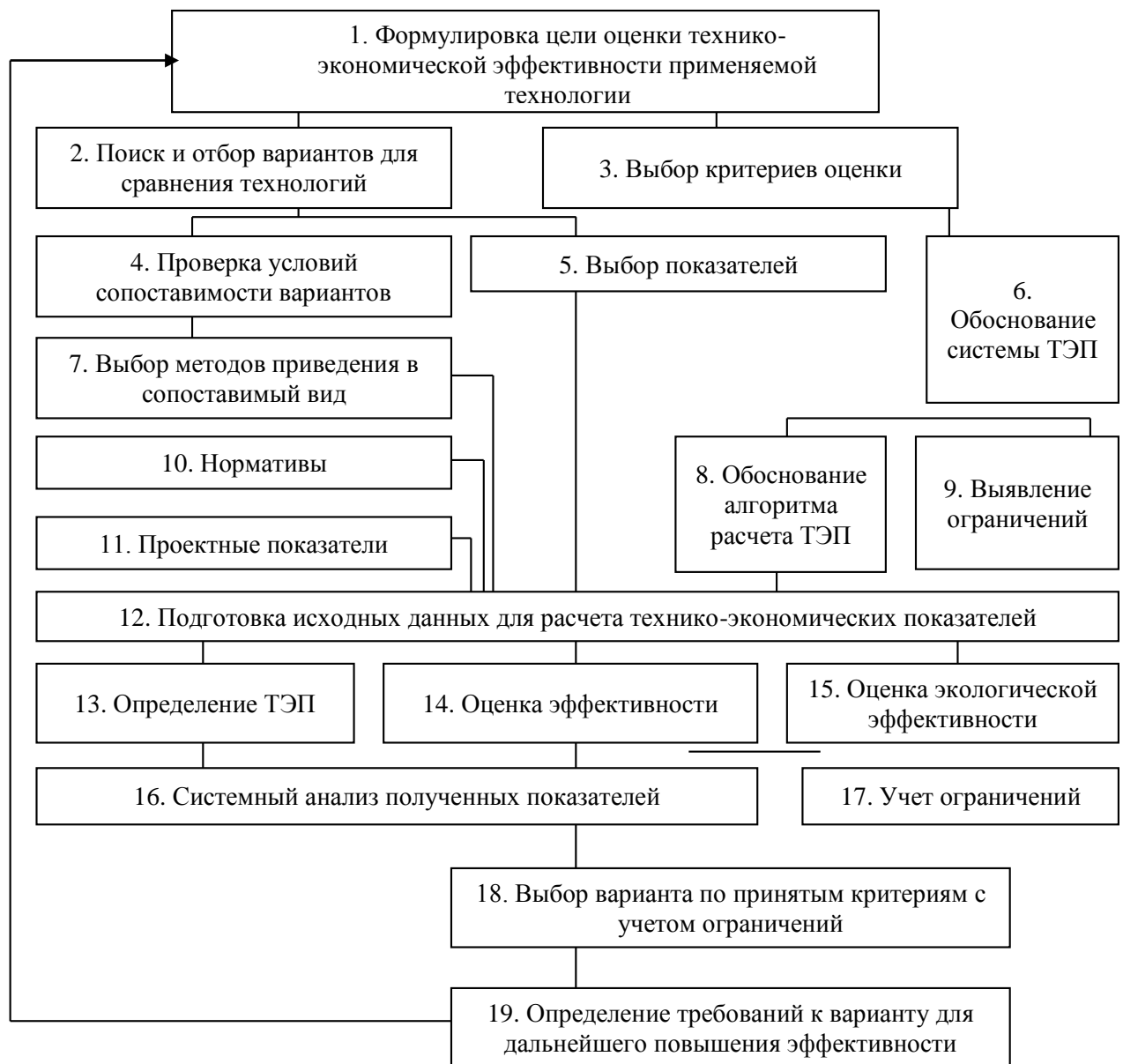
Уровень эффективности определяется рациональностью решений, принятых в отдельных этапах технологии, а также рациональностью их взаимосвязи. Это предопределяет важное качество подобной оценки - комплексность. При этом технико-экономическая оценка должна проводиться на всех стадиях разработки вариантов. Оценке подвергается как технология в целом, так и отдельные ее части с целью детального выявления всех факторов, определяющих уровень эффективности сравниваемых решений.

Другая сторона выбора решения предполагает комплексный характер самого процесса определения эффективности [1] с возможно полным выявлением затрат и результатов за весь период реализации, с максимально возможной стоимостной оценкой элементов эффекта и ресурсных затрат, т.е. необходим системный анализ влияния различных факторов на оценку эффективности технологии.

Положительный эффект возможен для применяемой технологии в следующих трех случаях:

- а) снижение затрат при достижении заданного уровня результатов;
- б) повышение результатов при заданном уровне затрат;
- в) снижение затрат при повышении уровня результатов.

Технология по борьбе с колебаниями сооружений башенного типа с помощью динамических гасителей колебаний, представленная в [8-15] - это относительно новые разработки, препятствующие колебанию и вибрации сооружений башенного типа при помощи нелинейных гасителей.



**Рис. 1.** Алгоритм оценки технико-экономической эффективности технологии по устранению колебаний высотных сооружений

Теоретическому изучению поведения сооружений башенного типа с динамическими гасителями колебаний при различных воздействиях посвящено достаточно большое количество исследований. Однако существует очень мало разработок для определения экономического эффекта от применяемых технологий защиты зданий от колебаний и вибраций.

Решение вопроса о применении того или иного типа гасителя зависит от многих факторов. К ним можно отнести:

- высота сооружения;
- конструктивное решение и техническое состояние сооружения;
- обстоятельства, ограничивающие перемещения гасителя;
- необходимость устройства гасителя при продолжении эксплуатации сооружения;

- необходимость эксплуатации пространства, образуемого внутри самого гасителя;
- экономичность гасителя и много других факторов.

Застройка виброопасных территорий осуществляется с применением защитных мероприятий, которые, несмотря на удорожание, являются необходимыми, так как при их отсутствии сооружение, испытывающее повышенное вибрационное воздействие, не может быть принято в эксплуатацию.

В настоящее время для снижения колебаний также используются виброзащитные конструкции железнодорожного пути, позволяющие снизить вибрации в сооружениях до 10-13 дБ, экранирующие траншеи в грунте, снижающие колебания до 15 и 10 дБ соответственно. Как правило, такой эффективности бывает достаточно для обеспечения требований норм в административных и общественных зданиях, защитная зона для которых при воздействии метрополитена составляет порядка 25 м, при воздействии железной дороги - до 50 м, а трамвайной линии - до 30 м.

Указанный выше защитный способ в каждом конкретном случае имеет достоинства и недостатки. Например, виброизоляция зданий типовых серий из сборного железобетона может выполняться только путём снижения колебаний в источнике или на пути распространения волн в грунтовой среде. Защита от колебаний реконструируемых зданий и сооружений, как правило, обеспечивается конструктивными мероприятиями - применением соответствующей схемы несущего каркаса и назначением жесткостей конструктивных элементов. В высотных сооружениях высотой 20 и более этажей снижение вибрации осуществляется за счёт использования монолитного каркаса. Сооружения небольшой и средней этажности, имеющие жёсткий каркас, изолируются упругими элементами, и так далее.

К сожалению, проблема защиты зданий от вибраций достаточно сложна и большей частью носит научно-технический характер. Многие задачи по распространению волн не имеют простых решений и в основном исследуются на численных моделях, которые не всегда отражают реальные свойства грунтовых сред и строительных конструкций. Поэтому в большинстве случаев идёт речь о прогностической оценке вибраций и качественном исследовании волновых процессов. Однако это не мешает разработать технологию оценки экономической эффективности применения технологий по уменьшению колебаний сооружений башенного типа.

Общим принципом оценки эффективности является сопоставление эффекта и затрат.

Отношение результаты/затраты может быть выражено как в натуральных, так и в денежных величинах и показатель эффективности при этих способах выражения может оказаться разным для одной и той же ситуации.

В целом проблема определения экономического эффекта от той или иной применяемой технологии по борьбе с колебаниями зданий требует, с одной стороны, превышения конечных результатов от их использования над затратами на разработку, изготовление и реализацию, а с другой – сопоставления полученных при этом результатов с результатами от применения других аналогичных по назначению вариантов технологии.

Метод исчисления эффекта инноваций в строительстве, основанный на сопоставлении результатов их освоения с затратами, позволяет принимать решение о целесообразности использования новых разработок [4].

Для оценки общей экономической эффективности рассматриваемых технологий по устранению колебаний в статье используется система показателей:

1. Интегральный эффект.
2. Индекс рентабельности.
3. Норма рентабельности.

1. Интегральный эффект Эинт [1] представляет собой величину разностей результатов и инновационных затрат за расчетный период, приведенных к одному, обычно начальному году, то есть с учетом дисконтирования результатов и затрат.

$$\text{Э}_{\text{инт}} = \sum_{t=0}^{T_p} (P_t - Z_t) * \alpha_t \quad (1)$$

Где  $T_p$  – расчетный год;

$P_t$  – результат в  $t$ -й год;

$Z_t$  – инновационные затраты в  $t$ -й год;

$\alpha_t$  – коэффициент дисконтирования (дисконтный множитель).

## 2. Индекс рентабельности инноваций $J_R$ .

Рассмотренный авторами метод дисконтирования - метод соизмерения разновременных затрат и доходов, помогает выбрать направления вложения средств в инновации, когда этих средств особенно мало.

В качестве показателя рентабельности можно использовать индекс рентабельности. Он имеет и другие названия: индекс доходности, индекс прибыльности.

Индекс рентабельности представляет собой соотношение приведенных доходов к приведенным на эту же дату инновационным расходам.

Расчет индекса рентабельности ведется по формуле:

$$J_R = \frac{\sum_{t=0}^{T_p} D_j * \alpha_t}{\sum_{t=0}^{T_p} K_t * \alpha_t}, \quad (2)$$

Где  $J_R$  – индекс рентабельности

$D_j$  – доход в периоде  $j$

$K_t$  – размер инвестиций в инновации в периоде  $t$ .

Приведенная формула отражает в числителе величину доходов, приведенных к моменту начала реализации инноваций, а в знаменателе - величину инвестиций в инновации, продисконтированных к моменту начала процесса инвестирования.

Или иначе можно сказать – здесь сравниваются две части потока платежей: доходная и инвестиционная.

Индекс рентабельности тесно связан с интегральным эффектом, если интегральный эффект Эинт положителен, то индекс рентабельности  $J_R > 1$ , и наоборот. При  $J_R > 1$  инновационный проект считается экономически эффективным. В противном случае  $J_R < 1$  – неэффективен.

3. Норма рентабельности  $E_p$  представляет собой ту норму дисконта, при которой величина дисконтированных доходов за определенное число лет становится равной

инновационным вложениям. В этом случае доходы и затраты инновационного проекта определяются путем приведения к расчетному моменту времени.

$$D = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+E_p)^t}, \quad (3)$$

$$K = \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E_p)^t} \quad (4)$$

Данный показатель иначе характеризует уровень доходности конкретного инновационного решения, выражаемый дисконтной ставкой, по которой будущая стоимость денежного потока от инноваций приводится к настоящей стоимости инвестиционных средств.

Для анализа в статье отбирается инновацию, внутренняя норма доходности которой будет оцениваться величиной не ниже 15-20%.

Получаемую расчетную величину  $E_p$  сравнивают с требуемой инвестором нормой рентабельности. Вопрос о принятии инновационного решения может рассматриваться, если значение  $E_p$  не меньше требуемой инвестором величины.

Для конкретных условий оценки ТПБ целесообразно выбрать критерий, который определяется выполнением однозначно заданных требований к рассматриваемым вариантам, широким использованием нормативов и стандартов, количественной оценкой качества технологий, наличием сопоставимых вариантов для сравнения.

В таком случае обязательность внешних исходных данных обеспечивает сопоставимость решений по целевому эффекту. Поэтому критерий оценки формулируется как минимум совокупных приведенных затрат при ограничениях, которые накладываются целями и ресурсами:

$$Z_{\Sigma} = \sum_{t=T_c}^0 \alpha_t Z_{ct} + \sum_{t=1}^{T_{\phi}} \alpha_t I_e \quad (5)$$

где  $Z_{\Sigma}$  и  $Z_{ct}$  - затраты на строительство и эксплуатацию сооружения башенного типа (приведенные затраты и сметная стоимость на строительство);

$I_e$  - издержки при эксплуатации сооружения башенного типа в  $t$ -м году;

$T_{\phi}$  - год окончания функционирования сооружения башенного типа, от момента ввода в эксплуатацию;

$T_c$  - год начала строительства сооружения башенного типа;

$\alpha_t$  - коэффициент приведения.

Полные приведенные затраты допускается определять по формуле:

$$Z_{\Sigma} = K + \mu_m u \quad (6)$$

где  $K$  - полные затраты на строительство;

$u$  - среднегодовые издержки при эксплуатации;

$\mu_m$  - дисконтный показатель для приведения текущих издержек.

Показатель рассчитывается по формуле:

$$\mu_m = \sum_{t=1}^{t=T\phi} \alpha_t \quad (7)$$

Выявление преимуществ, достигаемых при применении любой технологии должно производиться на основе анализа совокупных стоимостных и натуральных показателей. В группу стоимостных показателей включаются:

- полные приведенные затраты,
- затраты на строительство (прямые и сопряженные),
- затраты на эксплуатацию,
- результаты в стоимостной оценке.

В число натуральных показателей рекомендуется включать:

- показатели расхода строительных материалов,
- расход топлива и электроэнергии,
- показатели трудозатрат при установке динамического гасителя,
- сроки строительства и др.

Наряду с натуральными показателями в количественной форме целесообразно учитывать и качественные параметры. Помимо прямых затрат в состав затрат на строительство необходимо учитывать сопряженные затраты по тем элементам затрат, по которым их изменение по вариантам в смежных отраслях значительно.

С учетом разработанной технологии к сопряженным затратам могут быть отнесены:

- а) затраты на численную оценку;
- б) затраты на экспериментальные исследования;
- в) затраты на научные исследования.

При определении технико-экономических показателей (рис. 1) и среднегодовых затрат на эксплуатацию сооружения башенного типа необходимо учитывать следующие затраты, которые можно отнести к распределенным затратам:

- затраты на натурный эксперимент;
- затраты на численный эксперимент.

## **Выводы**

Таким образом, разработанный авторами алгоритм позволяет осуществить оценку технико-экономической эффективности предложенной технологии гашения колебаний при строительстве сооружений башенного типа.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Пасяда Н.Н., Денисова И.В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России. Под ред. д.э.н., проф. А.Н. Асаула. - СПб.: «Гуманистика», 2005. – 563 с.
2. Воронцов Г.В. Математическое моделирование динамики наблюдаемых высотных сооружений с управляемыми инерционными гасителями колебаний // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. Приложение. - 2006. - №12. - С. 10-18.
3. Завьялова, О.Б. Применение условного сдвига-изгибного стержня при расчете рам на устойчивость / О.Б. Завьялова, А.И. Шеин // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2010. - №1. С. 99-105.
4. Ильенкова С.Д. Инновационный менеджмент: Учебник / Под. ред. Ильенковой С.Д. 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Юнити-Дана, 2007.-335 с.
5. Мелкумян М.Г. Исследование эффективности одно- и двухмассового динамического гасителя колебаний на модели каркасного здания при вибрационных испытаниях // Инженерно-строительный журнал, №5.- 2012 г.
6. Раевский Л.А. Экономическая эффективность применения новых технологий для уменьшения колебаний высотных сооружений. - Сборник научных статей «Сурский молодежный инновационный форум-2012». - Пенза: ПГУАС, 2012 г.
7. Трофимов А.Н. О построении структурных моделей виброзащитных систем с динамическим гасителем // Инженерное образование №08. - 2011 г.
8. Шеин А.И. Метод сеточной аппроксимации элементов в задачах строительной механики нелинейных стержневых систем // М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Пенз. гос. ун-т арх. и стр-ва. - Пенза, - 2005. - 248 стр.
9. Шеин А.И. Решение многопараметрической задачи динамики стержневых систем методом сеточной аппроксимации элементов // Промышленное и гражданское строительство. - 2002. - №2. - С. - 27.
10. Шеин А.И. Оценка эффективности активного жидкостного гасителя колебаний высотных сооружений при нестационарных воздействиях/ А.И. Шеин, Д.А. Шмелев // Строительная механика и расчет сооружений. - 2014. - №1(252). - С. 59-63.
11. Шеин А.И. Гашение колебаний высотных сооружений в 3 ч. / А.И. Шеин [и др.] // Мин-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва».- Пенза, - 2011.
12. Шеин А.И. Метод смещенных разностей для решения систем дифференциальных уравнений движения механических систем / А.И. Шеин, М.Б. Зайцев // Строительная механика и расчет сооружений. - 2012. - №2. - С. 38-41.
13. Шеин А.И. Схемы и теория гасителей пространственных колебаний сооружений / А.И. Шеин, О.Г. Земцова// Региональная архитектура и строительство. - 2010. - №1. - С. 45-52.

14. Шеин, А.И. Снижение уровня колебаний системы «упругое основание – высотное сооружение»с помощью нелинейного динамического гасителя / А.И. Шеин, О.Г. Земцова // Региональная архитектура и строительство. - 2011. - №2.- С. 83-90.
15. Шеин А.И. Расчет монолитных железобетонных каркасов с учетом последовательности возведения, физической нелинейности и ползучести бетона / А.И. Шеин, О.Б. Завьялова // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. №5. С. 64-69.

**Рецензент:** Ласьков Н.Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства.

**Shein Aleksandr Ivanovich**

Penza State University of Architecture and Construction  
Russia, Penza  
E-mail: shein-ai@yandex.ru

**Raevskiy Leonid Alekseevich**

Penza State University of Architecture and Construction  
Russia, Penza  
E-mail: leonidr905@rambler.ru

## **Economic efficiency of using new technologies to reduce oscillations of high rise buildings**

**Abstract.** The algorithm allowing assessing the technical and economic efficiency of the offered earlier technology of damping oscillations at the construction of high rise buildings is developed. For the calculation of the efficiency of this technology the following basic principles are considered by the authors: the method of comparative economic efficiency; comparability of the compared options; accounting of time factor; accounting of restriction of resources.

The analysis of the theoretical investigations of the behavior of high rise buildings with dynamic quenchers of oscillations at various influences is carried out. Insufficiency of theoretical developments for the definition of economic effect of the applied technologies of protection of buildings against oscillations and vibrations is revealed. The efficiency level determined by the rationality of the decisions made in separate stages of the technology, and rationality of their interrelations is given in the article. Authors have carried out technical and economic assessment at all stages of the development of options. Both the technology in general and its separate parts for the purpose of detailed identification of all factors determining the level of efficiency of the compared decisions is assessed.

**Keywords:** high rise building; economic efficiency; oscillations damping; new technologies.

## REFERENCES

1. Asaul A.N., Kazakov Y.N., Pasiada N.I., Denisova I.V. Theory and practice of low-rise housing construction in Russia. Ed. prof. AN Asaul. – S-Pb.: "Gumanistika", 2005. – 563 p.
2. Vorontsov, G.V. Mathematical modeling of the dynamics of the observed high-rise buildings with controlled inertial vibration dampers // Proceedings of the higher educational institutions. North Caucasus region. Technical sciences. Application. - 2006. - №12. - P. 10-18.
3. Zavyalova, O.B. The use of conditional shift-bending beam in the calculation of the stability of frames / O.B. Zavyalov, A.I. Shein. // Izvestiya universities. Construction. -2010. - №1. P. 99-105.
4. Ilyenkova, S.D. Innovation management: Textbook under edition of Ilyenkova S.D. 3-d edition rework. and ad. - M.: Juniti-Dana, 2007.-335 p.
5. Melkumian, M.G. study the effectiveness of single- and dual-mass damper dynamic model frame building with vibration test // Civil Engineering Journal, №5.-2012.
6. Raevskiy, L.A. Cost-effectiveness of the use of new technologies to reduce the vibrations of high-rise buildings. - Collected articles «Sura Youth Innovation Forum 2012». - Penza: PGUAS, 2012.
7. Trofimov, A.N. On the construction of structural models of vibration isolation systems with dynamic damper // Engineering Education №08. - 2011.
8. Shein, A.I. Difference approximation method elements in problems of structural mechanics nonlinear rod systems // M of Education and Science Russian Federation Federal. Agency of Education, Penza. State. Univ architect. and construction. - Penza - 2005. - 248 p.
9. Shein, A.I. Solving multiparameter problems of the dynamics of core systems by the difference approximation of elements // Industrial and civil construction. - 2002. - №2. - P. 27-32.
10. Shein, A.I. Evaluating the effectiveness of the active liquid damper high-rise buildings at nonstationary loading / A.I. Shein, D.A. Shmelev // Building mechanics and calculation of structures. - 2014. - №1(252). - P. 59-63.
11. Shein, A.I. Vibration damping of high-rise buildings in 3 hours. / A.I. Shein [et al.] // M of Education and Science of the Russian Federation Government. Institutions of higher education. prof. education «Penza State. University of architecture and construction». - Penza – 2011.
12. Shein, A.I. Method offset differences for the solution of systems of differential equations of motion of mechanical systems / A.I. Shein, M.B. Zaitsev // Building mechanics and calculation of structures. - 2012. - №2. - P. 38-41.
13. Shein, A.I. Scheme and the theory of spatial fluctuations dampers facilities / A.I. Shein, O.G. Zemtsova // Regional architecture and engineering. - 2010. - №1. - P. 45-52.
14. Shein, A.I. Reducing vibrations of the system "elastic base - high-rise buildings" with a nonlinear dynamic absorber / A.I. Shein, O.G. Zemtsova // Regional architecture and stroitelstvo. - 2011. - №2. - P. 83-90.

15. Shein, A.I. Calculation of monolithic reinforced concrete frame with the sequence of construction, physical nonlinearity and creep of concrete / A.I. Shein, O.B. Zavyalova // Building mechanics and calculation of structures. 2012. - №5. P. 64-69.