

5. Назимко В.В., Красько Н.И., Кузяра С.В. Геомеханическая модель для прогноза динамических проявлений горного давления в окрестности очистного забоя // Проблемы горного давления. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – №8. – С. 81-102.

6. Моделирование развития зон разрушений вокруг подготовительной выработки методом дискретных сред / В.В. Назимко, А.А. Лаптев, С.В. Напрасников, В.А. Сугаков, В.П. Сажнев // Физика и техника высоких давлений. – 1999. – Т. 9, № 3. – С. 51-54.

**УДК 577.4**

Канд. физ.-мат. наук М.В. Мажаров,  
канд. техн. наук Н.А. Емец  
(ИППЭ НАН Украины)

### **ОЦЕНКА КЛЮЧЕВЫХ ЭКОНОРМАТИВОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

На основі цільового аналізу статистичних даних техногенно навантаженого регіону України – Дніпропетровської області, із застосуванням кореляційно – регресійних методів математичної статистики встановлено критерії сталості і проведено оцінку еконормативів, зорієнтованих на вирішення ключового завдання розвитку – досягнення такого рівня екобезпеки життєдіяльності, який забезпечує сталу демографічну стабільність регіону.

### **KEY ENVIRONMENTAL STANDARDISATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IS APPRECIATED FOR INSTANCE DNEPROPETROVSK REGION**

Steadiness criteria on special-purpose analysis basis of statistic data are established for region with technogenous load – Dnipropetrovsk with using regresses-correlation methods mathematical statistics and standardization orientated to resolve key development task - reach such environmental safety level of vital activity which provides sustainable demographic stability of region is appreciated.

Современное состояние природной среды обитания характеризуется, как глобальный и региональные экологические кризисы, которые бросают серьезный вызов не только ученым–экологам, но и всему человечеству, поставив на повестку дня вопрос о перспективах его развития и даже выживания.

Многие представители науки связывают решение этих проблем с концепцией устойчивого развития (sustainable development), предложенной в 1987 году Комиссией по окружающей среде и развитию ООН. Однако само определение устойчивости, данное председателем Комиссии Г.Х. Брундтланд, до сих пор является предметом научной дискуссии, так как оно носит общий характер и лишено того аналитического содержания, которого требуют точный научный и практический подход.

Тем не менее, все более очевидным становится обстоятельство, которое можно признать как бесспорный факт [1]: «Из всех подобных проблем, несомненно, основной представляется рост населения нашей планеты. Остальные вопросы – состояние окружающей среды, глобальная безопасность, исчерпание ресурсов и производство энергии – возникают в связи с увеличением числа людей на планете. Однако именно росту населения в международных дискуссиях

уделялось меньше всего внимания. Более того, от этой проблематики долгое время уходили под теми или иными благовидными предложениями. Действительно, здесь затрагиваются самые глубокие проблемы истории, деликатные вопросы природы человека и общества, ценности и верования, утвержденные многовековыми традициями». Другими словами, без детального, истинно научного изучения вопроса динамики народонаселения, влияния ее на состояние безопасности окружающей среды и обратной связи на эту динамику нельзя решить и основной задачи – достижения экологической устойчивости.

Эти же проблемы, с учетом национальных и региональных особенностей, остро стали перед современной Украиной. Галопирующая депопуляция народонаселения, развернувшаяся на рубеже 1993 года, стала явным и бесспорным свидетельством неустойчивости развития украинского общества. Каких научных и околонуточных трактовок в вопросе об устойчивости развития ни придерживаются различные авторы, бесспорно одно: не только на социальном, но и на базисном – биологическом уровне организации жизни сокращение популяции биологического вида наступает только в результате ухудшения условий обитания, в то время как численная стабилизация вида – это результат длительно-устойчивого взаимодействия его с окружающей средой. Это очевидно и для людей, их взаимодействия с природной и социальной средами обитания.

Таким образом, изучение демографических тенденций техногенно нагруженных регионов современной Украины в их связи с экобезопасностью и народнохозяйственной деятельностью является актуальной научной и прикладной задачей, а достижение демографической стабильности в Украине в целом и каждом ее регионе в отдельности, с перспективой на длительный период времени, должно быть признано как ключевой критерий и показатель достижения того, что мы можем рационально понимать под термином «устойчивое развитие».

Последние достижения в области изучения демографии и ее связи с современными глобальными проблемами представлены в работе [1]. В основу этого исследования положено представление об автомодельном характере развития народонаселения, которое подчиненно глобальному взаимодействию, пропорциональному полному количеству людей на Земле. Природа этого взаимодействия, по мнению авторов, «...связана с распространением и обменом информацией и специфична для человека как вида. Такое коллективное взаимодействие лежит в основе развития и привело к тому, что численность человечества на много порядков больше, чем численность сравнимых с ним видов животных».

Основной результат предпринятого в [1] исследования сводится к зависимости вида:

$$\tau_c \cdot \frac{dN}{dt} = \frac{N^2}{K^2}, \quad (1)$$

где  $N$  – численность населения,  $t$  – время,  $K$  и  $\tau_c$  – модельные константы. Ре-

результаты расчетов выражаются через основную константу роста  $K=64\ 000$  и активную длительность жизни поколения  $\tau_c=45$  лет. При этом константа  $\tau_c$  авторемодельной зависимости ассоциируется не столько с продолжительностью жизни, сколько с активным репродуктивным периодом в жизни людей, которую, в отличие от первой, можно считать относительно постоянной величиной.

Однако серьезные проблемы принципиального и методологического характера возникают при попытке перейти от рассмотрения вопроса на глобальном уровне к региональному уровню. Это отмечается и самими авторами [1]: «...очевидно, что судьба отдельно взятой страны никак не может рассматриваться методами, развитыми для описания всего человечества в рамках нелинейной теории. Однако столь же очевидно, что развитые представления дают глобальные рамки, демографическое поле, в котором следует поместить каждую отдельно взятую страну как часть целого».

В то же время важность и необходимость такого перехода имеет стратегическое значение хотя бы потому, что только на региональном уровне можно вырабатывать и внедрять регулирующие решения. Реальное разрешение этой проблемы на локальных уровнях создает предпосылки для ее решения и на глобальном уровне. Обратное движение, как известно из всего опыта экологической науки и практики, и нереально, и неэффективно. Все это сильно сужает практическую значимость бесспорно серьезных теоретических достижений, представленных в работе [1].

В связи с переходом на региональный уровень рассмотрения, с методологической точки зрения, актуальным становится частичный отход от авторемодельных представлений, при котором рост народонаселения становится, образно говоря, «причиной самого себя» в рамках прямой пропорциональности согласно (1) –  $\Delta N / \Delta t \sim N^2$ .

Как нам представляется, необходимые принципиальные изменения могут быть достигнуты только путем замены фактора  $N^2$  в (1) на относительно самостоятельную, представительную величину, которая отражала бы не только позитивные тенденции мировой глобализации, но и состояние окружающей среды, здоровье населения, социальное благополучие, безопасность жизнедеятельности и иные влияющие факторы регионального уровня, раскрывая и очерчивая их национальные, исторические, ландшафтно–климатические особенности.

Все вышеперечисленное дает основание для постановки следующих задач настоящего исследования:

– на основе статистических данных техногенно нагруженного региона – Днепропетровской области с привлечением методов математической статистики установить достоверную связь между демографическими показателями, подтверждающую системную роль параметра  $\tau$  – средней продолжительности жизни, как интегрального показателя экобезопасности;

– на основе установленных связей и модельных представлений провести оценку ключевых экологических нормативов устойчивого развития техноген-

ного региона – Днепропетровской области и разработать на их основе критерии перехода региона к устойчивому развитию.

Из всей совокупности демографических данных Днепропетровской области, охватывающих период с 1992 по 2003 гг., согласно постановке задачи исследования, нами были проанализированы: общая численность населения –  $N$  (человек) и средняя продолжительность жизни –  $\tau$  (лет). График парных значений  $N$ – $\tau$ , представлен на рисунке 1.

Из графика становится очевидным, что прямой и непосредственной связи между величинами продолжительности жизни и общей численностью населения нет.

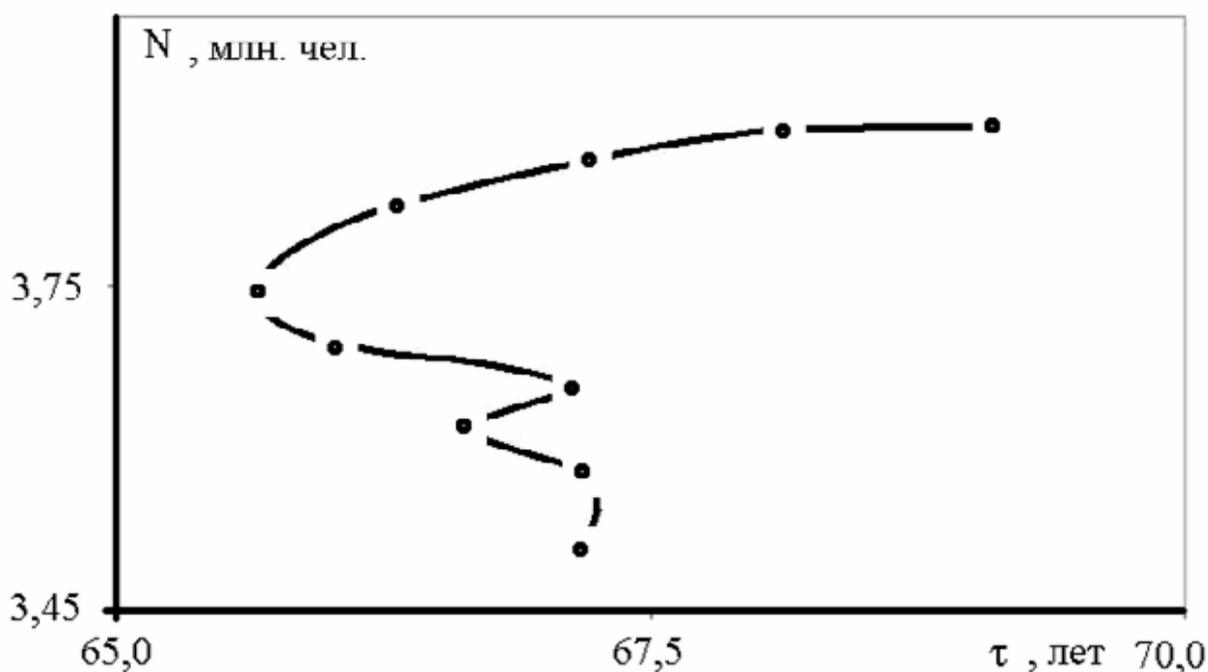


Рис. 1 – График парных значений численности населения ( $N$ ) и средней продолжительности жизни ( $\tau$ )

Это же подтверждается низким значением величины  $r = corr(N, \tau)$  эмпирической выборочной корреляции. Значение корреляции 0,25 делает невозможным дальнейшее рассмотрение вероятной статистической связи.

Логично предположить наличие причинно–следственной связи между приростом населения ( $\Delta N$ ) и средней продолжительностью жизни. Данные, представленные на рисунке 2 (пунктир отделяет область 95% достоверности), а также расчетная величина выборочного коэффициента корреляции  $r \approx 0.884$  (коэффициента детерминации  $d = r^2 \approx 0.782$ ), дают основания для рассмотрения гипотезы о наличии тесной связи между исследуемыми величинами, которая может быть верифицирована методами статистического анализа.

Для небольшого количества наблюдений  $n$  ( $n < 30$ ) значение выборочного коэффициента корреляции уточняется согласно [2] по формуле

$R = r \cdot \left[ 1 + \frac{1-r^2}{2 \cdot (n-3)} \right]$ . При подстановке в нее значений  $r \approx 0.884$  и  $n = 12$  полу-

чаем уточненное значение коэффициента корреляции  $R \approx 0.895$ . Как мы видим, уточненная величина коэффициента корреляции несущественно отличается от выборочной и подтверждает высокую априорную вероятность связи между исследуемыми величинами прироста населения и средней продолжительности жизни.

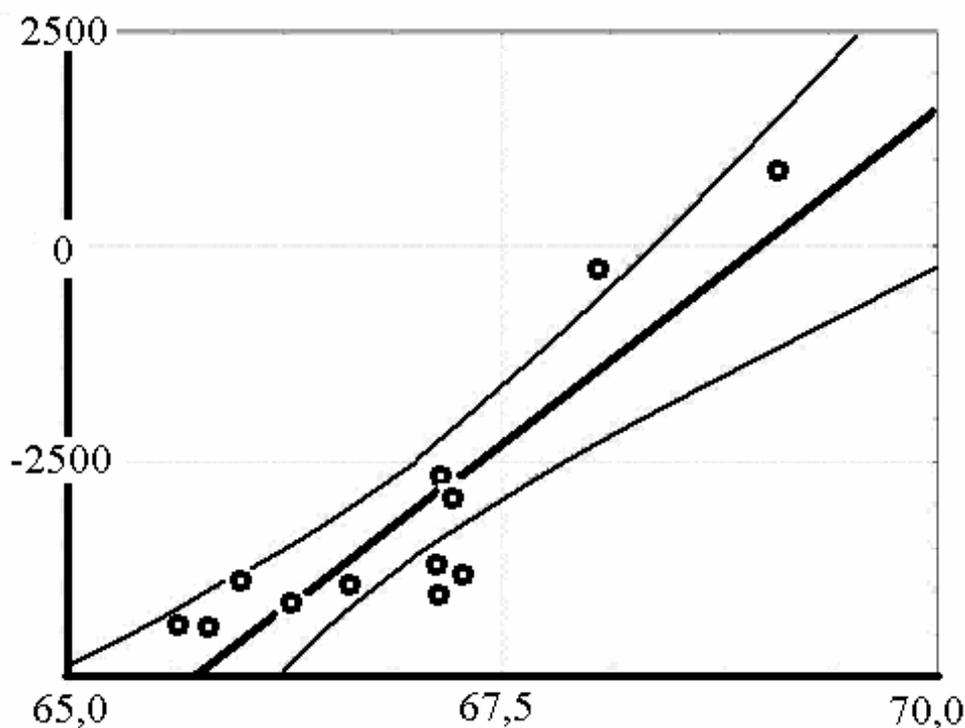


Рис. 2 – Диаграмма рассеяния и линия регрессии  $\Delta N$  (чел. за год) от  $\tau$  (лет).

С целью установления связи между  $\Delta N$  и  $\tau$  выполним проверку нулевой гипотезы ( $H_0$ ) о равенстве нулю коэффициента корреляции  $\rho$  генеральной совокупности. Нулевая гипотезы отбрасывается на уровне значимости  $\alpha$ , если

величина  $t_{\phi} = R \cdot \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}$ , будет больше или равна табулированному критическому значению параметра Стьюдента  $t_{st}$  при числе степеней свободы  $n-2=10$ .

Соответствующие значения  $t_{st}$  можно взять из работы [2], в частности, при  $\alpha=0,001$  имеем  $t_{st}=4.59$ . Расчет дает  $t_{\phi}=6.34$ , что превышает вышеприведенное критическое значение параметра Стьюдента. Таким образом, нулевая гипотеза отбрасывается, а связь между  $\Delta N$  и  $\tau$  подтверждается с достоверностью прогноза не менее чем 99.9%.

Рассмотрим интервальную оценку коэффициента корреляции. Для этого воспользуемся  $z$ -распределением Фишера:  $z(R) = \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{1+R}{1-R}\right)$ . При под-

становке уточненного значения коэффициента корреляции  $R \approx 0.895$  в последнее выражение получаем  $z(R) \approx 1.447$ . Интервальная оценка граничных  $z$ -образов коэффициента корреляции, на уровне достоверности прогноза  $\gamma = 1 - \alpha$ , определяется по формулам [2]:

$$z_{\max}(\gamma) = z(R) + \frac{t(\gamma)}{\sqrt{n-3}}, \quad z_{\min}(\gamma) = z(R) - \frac{t(\gamma)}{\sqrt{n-3}} \quad (2)$$

с привлечением табулированных значений интегральной функции нормального распределения  $t(\gamma)$ .

Результаты расчета граничных значений по (2) для различных уровней достоверности прогноза представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Граничных значений коэффициента корреляции

	Уровень достоверности прогноза		
	0.95	0.99	0.999
$R(\gamma)_{\max}$	0.97	0.98	0.99
$R(\gamma)_{\min}$	0.66	0.53	0.36

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют, что на уровне достоверности прогноза не менее 95% результаты корреляционного анализа подтверждают высокую вероятность существенной связи между приростом населения и средней продолжительностью жизни населения Днепропетровской области по данным за период с 1992 по 2003 года.

Все это позволяет нам перейти к следующему этапу исследования, к составлению регрессионного уравнения для исследуемых величин. Результаты такого исследования представлены ниже:

$$\Delta N = 15437.8 \cdot \tau - 1.065 \cdot 10^6 \text{ или } \Delta N = \kappa \cdot (\tau - \tau_0) \quad (3)$$

где коэффициенты регрессии  $\tau_0 = 68.99$  лет,  $\kappa = 15437.8$  лет<sup>-1</sup>;  $\Delta N$  измеряется в чел./год, а  $\tau$  – лет. При этом коэффициент детерминации достигает величины 0.78. Уравнения линии регрессии с соответствующей 95%-ой областью доверительного прогноза представлены на рисунке 2. Как видно из рисунка, большая часть наблюдаемых значений попадает в доверительную область или близка к ней.

Из уравнения (3) следует, что при достижении величиной средней продолжительности жизни населения Днепропетровской области  $\tau$  критериального значения  $\tau_0 \approx 69$  лет следует ожидать смены негативных тенденций по сокращению численности населения, с вероятной стабилизацией демографической ситуации при условии  $\tau \geq \tau_0$ , и с возможным позитивным приростом при  $\tau \gg \tau_0$ . Таким образом, установленное критериальное значение для Днепропетровской области становится важнейшим интегральным показателем экологического

нормирования и ориентиром для устойчивости жизнедеятельности на территории региона.

В то же время, признавая, что величина средней продолжительности жизни напрямую зависит от экологических условий среды обитания населения региона, мы не можем обойти и тот факт, что на эту величину оказывает свое как прямое, так и опосредованное действие (через экологические условия), и такой фактор, как экономика области, ее успехи в формировании благополучия граждан. В этой связи можно обратиться к результатам работы [3], где в частности исследовалось влияние величины реальных доходов граждан на среднюю продолжительность жизни. На основе анализа статистических данных там была установлена следующая регрессионная зависимость:

$$\tau = 0.3 \cdot RGNP + 65.42 \quad (4)$$

Уравнение (4) может быть представлено в более общем виде со свободным членом  $\tau_0$ :

$$\tau = \lambda \cdot (RGNP - RGNP_0) + \tau_0 \quad (5)$$

где  $\tau$  – средняя продолжительность жизни в годах,  $RGNP$  – реальный произведенный ВВП на душу населения в день (размерность – доллар/чел.·день),  $\lambda=0.3$  чел.·день·год/доллар,  $RGNP_0=11.9$  доллар/чел.·день, а  $\tau_0=68.99$  лет. Достоверное прогнозирование для регрессионного уравнения (4) определено диапазоном  $\tau \in [66.9, 69.4]$  лет.

Из зависимости (5) можно сделать вывод, что требуемая, по условиям устойчивого развития региона, средняя продолжительность жизни  $\tau = \tau_0 \approx 69$  лет может быть достигнута только тогда, когда показатель реального произведенного на душу населения ВВП в день будет удовлетворять условию:

$$RGNP \geq RGNP_0 \approx 12\$ / \text{чел} \cdot \text{день}.$$

Результаты проведенных исследований, на примере крупнейшего техногенно нагруженного региона Украины – Днепропетровской области подтверждают системное значение такого показателя, как средняя продолжительность жизни, который, с одной стороны, отражает и оказывает влияние на демографическую динамику, с другой стороны, эффективно и комплексно отражает состояние окружающей среды, здоровье населения, безопасность жизнедеятельности, социальное благополучие в регионе.

Установленные и подтверждаемые методами математической статистики зависимости позволяют определить критерии устойчивого развития по средней продолжительности жизни и по удельному реальному произведенному продукту. При этом устойчивое развитие региона понимается, прежде всего,

как обеспечивающее стабилизацию или даже некоторое улучшение демографической ситуации.

Полученные оценки:

– средней продолжительности жизни – 69 лет;

– удельного реального произведенного продукта – 12 \$/чел.·день;

являются критериальными ориентирами и отражают минимально необходимые требования к региональной устойчивости развития.

Важным для понимания проблемы устойчивости региона является тот факт, что сама по себе величина численности населения непосредственно не влияет на характеристики устойчивости, параметром влияния остается динамика численности населения. Это означает, что в конкретных исторических и экономических условиях численность населения может стабилизироваться на том или ином уровне, который обеспечен необходимыми условиями социального благополучия и безопасности. Относительное постоянство демонстрируют критериальные показатели региональной устойчивости.

Предметом дальнейшего актуального исследования является установление аналогичных оценок для других регионов Украины, так как в силу региональных особенностей, в том числе природных, ландшафтно-климатических, хозяйственного комплекса и иных, критериальные показатели будут изменяться. Такое исследование тем более актуально, что только решив задачу устойчивости на уровне каждого региона Украины, с учетом их особенностей, мы получим реальную возможность решить эту задачу на общенациональном уровне.

Логичным продолжением такого исследования становится разработка комплекса специализированных экологических нормативов, четко ориентированных на установленные критериальные эконормативы региональной устойчивости.

Проведенные исследования, помимо актуального, чисто научного результата, дают серьезное основание еще раз обратиться к вопросу о важности и неотложности внедрения инновационных стратегий в современное развитие Украины. Действительно, успешное решение двуединой задачи:

– с одной стороны, необходимость поднятия экономики Украины, достижение и обеспечение необходимого уровня удельного произведенного ВВП;

– с другой стороны, обеспечение при этом требуемого уровня экологической безопасности, в том числе по критерию средней продолжительности жизни; возможно только на путях внедрения научно-технических инноваций во всех ключевых отраслях экономики регионов Украины. При этом роль экологических наук, ее влияние на региональное управление, может только усиливаться.

Полученные результаты дают основание говорить о том, что предлагаемый подход по оценке ключевых эконормативов может быть эффективно использован при разработке и практическом внедрении региональных стратегий устойчивого развития техногенно нагруженных территорий.

В работе использованы материалы Государственного комитета статистики Украины.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. 3 изд. М.: УРСС, 2003.–283 с.
2. Лакин Г.Ф. Биометрия:М. Высш. шк., 1990.– 352 с.
3. Мажаров М.В. Местная устойчивость и проблемы невозобновимых ресурсов// Геотехническая механика.– Днепропетровск, 2000.–Вып. №22, С. 151–155.

**УДК 622.625.28**

Канд. техн. наук А.Г. Моня  
(НМетАУ МОН Украины)

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОРМОЖЕНИЯ ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА ДИСКОВЫМ ТОРМОЗОМ, СОЗДАЮЩИМ ПУЛЬСИРУЮЩИЙ ТОРМОЗНОЙ МОМЕНТ**

Наведено порівняльний аналіз реалізації максимально можливого коефіцієнта зчеплення коліс з рейками при гальмуванні шахтного локомотива дисковим гальмом, що створює постійний та пульсуючий гальмові моменти на осі колісної пари. Показано, що при пульсуючому гальмовому моменті зменшується час гальмування і гальмовий шлях шахтного локомотива.

### **MATHEMATICAL MODELLING OF BRAKING OF MINE LOCOMOTIVE BY DISK BRAKE CREATING PULSATING BRAKE TORQUE**

The comparative analysis of realization of the greatest possible adhesion coefficient of wheels with rails is held at braking a mine locomotive by the disk brake creating constant and pulsating brake torques on a wheel set axle. It is noted that at pulsating brake torque the braking time and braking distance of a mine locomotive is moderated.

Повышение производительности шахтного рельсового транспорта возможно лишь при высокой надежности тормозных систем локомотивов. К главным характеристикам, определяющим эффективную работу шахтного локомотива, относятся реализуемые силы тяги и торможения, надежность и энергопотребление.

Исследованию процесса реализации максимально возможной силы сцепления колес локомотива с рельсами уделяется большое внимание. Эта сила зависит как от состояния рельсового пути, так и от условий взаимодействия фрикционной пары колесо-рельс [1]. Основным параметром, характеризующим силу сцепления колес с рельсами, является коэффициент сцепления.

В [2] приводится методика выбора постоянного тормозного момента, прикладываемого к оси колесной пары. С целью недопущения срыва сцепления и движения колес юзом для рудничных электровозов рекомендуется реализовывать 80% от максимально возможного тормозного момента.

В [3] приводятся примеры полезного применения вибрации, в основе которых лежат явления, связанные с особенностями колебаний в нелинейных механических системах, излагается общий подход к изучению и использованию вибрации. В частности, уделяется внимание изучению коэффициента