

# ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ И МАШИНОВЕДЕНИЯ

УДК 621.752.2

## Упругое звено в рычажных соединениях с устройством для преобразования движения

С.В. Белокобыльский<sup>1, a</sup>, С.В. Елисеев<sup>2, b</sup>, И.С. Ситов<sup>1, c</sup>

<sup>1</sup> Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>2</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия

<sup>a</sup> [rektor@brstu.ru](mailto:rektor@brstu.ru), <sup>b</sup> [eliseev\\_s@inbox.ru](mailto:eliseev_s@inbox.ru), <sup>c</sup> [sitov@yandex.ru](mailto:sitov@yandex.ru)

Статья поступила 27.09.2013, принята 20.11.2013

*Рассматриваются виброзащитные системы, содержащие рычаги первого и второго рода. Оценивается изменение динамических свойств механических колебательных систем, содержащих вышеуказанные рычажные связи. На основе сопоставления двух систем, имеющих в своем составе рычаги первого и второго рода, сделан вывод о том, что в обеих системах частоты собственных колебаний будут одинаковы, а частоты динамического гашения и зависимости этих частот от параметров системы будут различны. Показано, что при рычагах второго и первого рода оба типа виброзащитных систем «запираются» на высоких частотах, однако уровни «запирания» будут различными. При этом система с рычагом первого рода ведет себя, как обычная система с одной степенью свободы, с соответствующими для таких систем динамическими свойствами. Также показано, что отмеченные различия при введении в систему рычагов первого и второго рода проявляются в схемах с кинематическим возмущением.*

**Ключевые слова:** виброзащитная система, рычажные связи, динамическое гашение, передаточная функция.

УДК 621.752.2

## Вибрационная защита качающегося твердого тела. Учет особенностей рычажных связей

В.Б Кашуба<sup>a</sup>, Е.А Паршута<sup>b</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup> [plemja@rambler.ru](mailto:plemja@rambler.ru), <sup>b</sup> [parshuta@mail.ru](mailto:parshuta@mail.ru)

Статья поступила 13.09.2013, принята 16.11.2013

*Предлагается метод построения математических моделей для виброзащитных систем с угловыми колебаниями объекта защиты в виде твердого тела. Сущность метода заключается в учете соотношений между координатами движения, которые определяются типом и параметрами рычажных связей. Показано, что наличие рычажных связей связано со спецификой угловых движений объекта защиты. При этом рычаг выступает в роли типового звена, формирующего пространственную геометрию (или метрику) системы. Таким образом, математическая модель виброзащитной системы с объектом защиты в виде качающегося твердого тела отражает характерные особенности системы. Вид рычага оказывает существенное влияние на перераспределение взаимодействий в случае нескольких внешних воздействий. Это отражается в формировании частотного уравнения числителя передаточной функции. Предлагается технология построения передаточных функций при различных видах внешних возмущений. Приводится ряд примеров.*

**Ключевые слова:** виброзащитные системы, объект защиты, передаточные функции, динамическое гашение колебаний.

## Роторно-вибрационный смеситель со сдвоенным трехчастотным вибратором эллиптического типа

Д.В. Лобанов<sup>1,a</sup>, И.М. Ефремов<sup>1,b</sup>, В.А. Кузьмичев<sup>2,c</sup>, А.А. Лиханов<sup>2,d</sup>, А.Н. Лобанова<sup>1,e</sup>, Д.В. Дивин<sup>2,f</sup>

<sup>1</sup>Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Политехническая, 29

<sup>a</sup>d\_lobanov.mail.ru, <sup>b</sup>sdm@brstu.ru, <sup>c</sup>kuzmichev\_va@mail.ru, <sup>d</sup>alihanov@yandex.ru, <sup>e</sup>a-lobanova1984@mail.ru, <sup>f</sup>d\_divin@mail.ru

Статья поступила 10.09.2013, принята 17.11.2013

*Предложена новая конструкция роторно-вибрационного смесителя со сдвоенным трехчастотным вибратором эллиптического типа. Конструкция позволяет создавать по всему объему камеры, где смешиваются компоненты бетонной смеси, вибрационное воздействие с разнонаправленными колебаниями, полностью исключая наличие «глухих» зон. Воздействие оказывают три одинаковых по амплитуде, различных по частоте и равномерно распределенных по всему объему камеры смешивания вибрационных полей, что позволяет достичь качественной интенсификации процесса перемешивания компонентов. Конструкция смесителя включает в себя два вибратора с дисковыми конструкционными элементами средних частей и толкатели, выполненные с возможностью возбуждения колебаний корпусов вибраторов от наименьшей из гофр. Это обеспечивает однородные амплитудные значения перемещений каждой точки внешней образующей металлических гофрированных оболочек и тем самым позволяет осуществить однородное распределение вибрационного поля в камере смешивания. Кроме того, при многочастотном вибрировании реализуется качественная интенсификация процесса перемешивания компонентов смеси, заключающаяся в одновременном воздействии на бетонную смесь колебаний двух и более частот и позволяющая при наложении друг на друга кривых колебаний увеличивать скорость движения частиц смеси, что, в свою очередь, повышает эффективность вибрации. Многочастотное вибрирование, исходя из того, что каждой величине зерна соответствует собственная частота колебаний, может рассматриваться как средство воздействия на наибольшее количество зерен, т. е. интенсивность многочастотного вибрирования выше, чем интенсивность каждого из составляющих его колебаний, что позволяет сократить цикл перемешивания бетонных смесей.*

**Ключевые слова:** бетонная смесь, гофрированная оболочка, вибрация, вибрационное поле, вибратор, амплитуда, частота.

УДК 629.113.012.5

## Безвоздушные шины. Опыт разработки и результаты испытаний

С.П. Рыков<sup>a</sup>, В.В. Мазур<sup>b</sup>, С.Н. Тетерин<sup>c</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>RSP7-8-48@rambler.ru, <sup>b</sup>mazurvv@yandex.ru, <sup>c</sup>TSN@mail.ru

Статья поступила 13.09.2013, принята 16.11.2013

*Колесо с пневматической шиной имеет существенный недостаток, заключающийся в прекращении движения машины при потере в шине избыточного давления воздуха, что может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжелыми последствиями. Другими недостатками пневматических шин являются сложность технологических процессов и большие энергозатраты на их утилизацию. Достижения химии полимеров позволяют создавать автомобильные шины новой конструкции, работоспособность которых обеспечивается не давлением сжатого воздуха, а физико-механическими свойствами применяемых конструкционных материалов, например, эластичных полиуретанов. На кафедре «Автомобильный транспорт» Братского государственного университета были разработаны конструкции и изготовлены экспериментальные образцы колес с безвоздушными шинами. Для изготовления безвоздушных шин применялись двухкомпонентные литые полиуретаны горячего отверждения. Испытания шин проводились на стендах кафедры и на легковом автомобиле. Оценка упругих и демпфирующих свойств безвоздушных шин осуществлялась по характеристикам нормальной жесткости, построенным в режиме квазистатического нагружения. Влияние новых конструкций безвоздушных колес на эксплуатационные свойства автомобиля оценивалось с помощью экспертных критериев по уровню вибраций, шуму, устойчивости движения, управляемости, держанию дороги. Результаты экспериментальных исследований позволили отобрать наиболее соответствующую рецептуру полиуретана, отработать технологию изготовления шин и колес, внести рациональные изменения в конструкцию шин и усовершенствовать их технико-эксплуатационные характеристики. Применение*

эластичных полиуретанов позволяет решить, пусть и частично, задачу повторного использования выведенных из эксплуатации автомобильных шин и тем самым снизить остроту проблемы их утилизации. Предлагаемое решение основывается на замещении сжатого воздуха упругими полимерными элементами, выполняемыми в виде незамкнутых колец прямоугольного сечения, которые монтируются внутрь изношенной или некондиционной покрышки. Для обоснования размеров сечения упругих элементов и их количества для колеса конкретного транспортного средства выполнены расчетные исследования. Для опытной проверки конструктивных решений и расчетов был изготовлен опытный образец колеса на базе изношенной на 90 % шины Dunlop 235/75 R15 с установленными полиуретановыми кольцами. Экспериментальные исследования колеса проводились на шинных стендах кафедры, результаты представлялись в виде характеристик нормальной жесткости и зависимостей амплитудных значений силы неупругого сопротивления от прогиба шины для оценки упругих и поглощающих свойств. В статье показано, что новые конструкции безвоздушных шин, параметры которых обоснованы расчетом и подтверждены экспериментом, являются вполне работоспособными и позволяют решить проблемы утилизации некондиционных покрышек и безопасности движения автомобилей.

**Ключевые слова:** колесный движитель, безвоздушная шина, эластичный полиуретан, эксперимент, расчет.

УДК 629.11.012.813

## Моделирование и оценка демпфирующей способности гидравлических амортизаторов

С.П. Рыков<sup>а</sup>, В.Н. Тарасюк<sup>б</sup>, В.С. Коваль<sup>с</sup>, А.П. Куприянов<sup>д</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>RSP7-8-48@rambler.ru, <sup>б</sup>TVN66@yandex.ru, <sup>с</sup>koval.supra@yandex.ru, <sup>д</sup>kupriyanov@mail.ru

Статья поступила 14.08.2013, принята 10.11.2013

Гидравлический амортизатор в подвеске автомобиля выполняет функции основного гасящего элемента, поэтому от точности моделирования его способности демпфировать колебания в значительной степени будет зависеть качество оценки плавности хода и вибронегруженности автомобиля и, следовательно, сходимость результатов расчетов к данным натурных испытаний. В статье построение модели неупругого сопротивления в гидравлическом амортизаторе осуществляется с использованием математического аппарата эллиптическо-степенной модели поглощающей способности пневматической шины, ранее разработанной и всесторонне теоретически и экспериментально апробированной. Это обосновывается анализом рабочих диаграмм различных амортизаторов, который позволяет выявить существенное сходство замкнутой кривой диаграммы с линией эллипса как на ходе сжатия, так и отдачи амортизатора. Причем, полуэллипсы совмещаются с осями координат, а их значения будут зависеть как от максимальной скорости, так и от амплитуды перемещения поршня. Оценка параметров модели неупругого сопротивления образца амортизатора осуществлялась путем статистической обработки замеров с экспериментальных диаграмм, построенных с различными размахами и скоростями поршня, в количестве, достаточном для обеспечения статистической достоверности результатов, с использованием методов регрессионного анализа. Эксперимент проводился на гидропульсационном стенде кафедры «Автомобильный транспорт» Братского государственного университета. Анализ экспериментальных диаграмм показывает, что амплитудное значение силы сопротивления гидравлического амортизатора как на ходе сжатия, так и отдачи, практически не зависит от амплитудных значений хода поршня. Т. е. можно принять, что соответствующие показатели степени равны нулю, а зависимость амплитудного значения силы сопротивления амортизатора от амплитудных значений скорости поршня носит характер степенной функции. Это подтверждает правильность положений, принятых при разработке математической модели.

**Ключевые слова:** гидравлический амортизатор, демпфирующая способность, испытания, эллиптическо-степенная модель, гидропульсационный стенд.

УДК 62-253/-254

## Расчетная оценка конструктивных элементов полиуретановых шин

В. В. Мазур<sup>а</sup>, М.А. Мазур<sup>б</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>mazurvv@yandex.ru, <sup>б</sup>marianne1973@yandex.ru

Статья поступила 9.09.2013, принята 10.11.2013

*Простота и высокая эффективность колесного движителя как механизма для преобразования вращательного движения в поступательное обусловили его широкое применение на наземных машинах, в том числе и на автомобилях. Однако колесо с пневматической шиной имеет существенный недостаток, заключающийся в прекращении движения колесной машины при потере избыточного давления воздуха. Более того, потеря избыточного давления воздуха в пневматической шине традиционной конструкции при движении автотранспортного средства с высокой скоростью может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжелыми последствиями. Поэтому создание новых конструкций автомобильных безвоздушных шин из эластичных полимеров, способных повысить безопасность дорожного движения, а также разработка и совершенствование методик их расчета в настоящее время являются актуальными задачами. При финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках научно-исследовательской работы «Создание безвоздушных шин для наземных транспортных средств» для решения поставленных задач была разработана математическая модель процесса радиального деформирования автомобильной безвоздушной шины с гибкими спицами из эластичных полиуретанов, которая позволяет на стадии проектирования колесного движителя оценить его упругие свойства и построить характеристики нормальной жесткости.*

**Ключевые слова:** шины повышенной безопасности, боестойкие колеса, шины из эластичных полиуретанов, коэффициент нормальной жесткости, гибкие спицы, продольный изгиб.

УДК 621.814

## Принципы создания новых конструкций соединений переменной жесткости

В.А. Малащенко<sup>а</sup>, В.В. Николайчук<sup>б</sup>

Национальный университет «Львовская политехника», Степана Бандеры 12, Львов, Украина

<sup>а</sup>v.o.malash@mail.ru, <sup>б</sup>fbrv@mail.ru

Статья поступила 4.09.2013, принята 8.11.2013

*В работе изложены принципы создания новых конструкций соединений переменной жесткости. Обоснована целесообразность применения таких соединений в транспортных средствах, которые эксплуатируются в сложных дорожных условиях, а также в технологических машинах, если имеется необходимость изменения параметров жесткости во время работы машины. Определены рациональные диапазоны изменений параметров жесткости данных соединений. На примере одного из вариантов конструкции соединения рассмотрена его структура, а также приведены зависимости, по которым выбираются суммарная жесткость и диапазоны возможных изменений ее параметров. Сформулированы принципы создания новых конструкций, которые предусматривают такие этапы: определение области использования соединения в машине; выбор вариантов конструктивных схем соединения; распределения суммарной жесткости между упругими элементами соединения; определение критериев работоспособности; выбор оптимального варианта соединения, удовлетворяющего заданным требованиям. Приведена последовательность выбора критерия работоспособности на примере расчета упругого элемента соединения (втулки). Разработана расчетная схема при принятых допущениях: поверхность втулки равномерно сжата; втулка рассматривается как тонкостенная длинная цилиндрическая оболочка. Определены деформации и напряжения во втулке, нагруженной внешним давлением, которое возникает при закручивании пружины кручения в соединении переменной жесткости. Задача решалась методом наложения. Полученные выражения (9) – (20) являются научной базой для дальнейших исследований и разработки новых конструкций соединений с желаемым диапазоном изменения жесткости и нагрузочной способности упругих элементов транспортных средств.*

**Ключевые слова:** соединения переменной жесткости, моментная теория осесимметричных цилиндрических оболочек, внутренние силовые факторы.

УДК 62 – 336

## Проектный расчет оболочечно-пластинчатого седла фланцевого уплотнительного соединения

А.М. Долотов<sup>а</sup>, Ю.И. Белоголов<sup>б</sup>

Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия

<sup>а</sup>amdolotov@mail.ru, <sup>б</sup>pr-mech@mail.ru

Статья поступила 23.09.2013, принята 6.11.2013

*Рассмотрен проектный расчет оболочечно-пластинчатого седла фланцевого уплотнительного соединения – расчет статически нагруженного оболочечно-пластинчатого седла с учетом действия давления рабочей среды, в*

основу которого положены проектный и проверочный (учитывается действие давления рабочей среды) расчеты клапанного уплотнительного соединения. Аналитический расчет, выполняемый по предложенной методике, может быть использован в качестве тестового для проверки результатов конечно-элементного моделирования. Предложена методика определения рациональных геометрических размеров оболочечно-пластинчатого седла фланцевого уплотнительного соединения, реализованная в PTC MathCAD и позволяющая минимизировать герметизирующее усилие на седло, что обеспечивает снижение габаритно-массных параметров привода и соединения в целом. Расчет рациональных геометрических размеров седла представлен в виде алгоритма, состоящего из трех логически взаимосвязанных частей: 1) жесткостный расчет; 2) прочностной расчет; 3) расчет рациональных размеров седла. Реализованный расчет полностью автоматизирован и требует лишь задания исходных данных вначале. Полученные результаты расчета геометрических размеров проходят проверку, что исключает возникновение ошибки в расчетном блоке Given PTC MathCAD. Представлены схемы нагружения оболочечно-пластинчатого седла с учетом действия давления рабочей среды, выполненные в автоматизированных системах расчета и проектирования APM WinMachine и MSC. vN4W.

**Ключевые слова:** ударное нагружение, упругие элементы, оптимизация геометрических параметров, фланцевое уплотнительное соединение, оболочечно-пластинчатое седло, жесткость, расчет на прочность тонкостенных конструкций.

УДК 621.01:621.81:621:891

## Учет характеристик упрочняемого материала при применении эмпирического закона Майера

П.М. Огар<sup>a</sup>, В.А. Тарасов<sup>b</sup>, Д.Б. Горохов<sup>c</sup>, А.В. Турченко<sup>d</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>ogar@brstu.ru, <sup>b</sup>TV-post@yandex.ru, <sup>c</sup>denis\_gorohov@mail.ru, <sup>d</sup>turchenko1986@yandex.ru

Статья поступила 10.09.2013, принята 5.11.2013

*Предложена методика определения контактных характеристик в зависимости от свойств упругопластического материала со степенным законом упрочнения Холломона (Hollomon's power law):  $\varepsilon_y = \sigma_y / E^*$  и экспоненты упрочнения  $n$ .*

*При этом использован эмпирический закон Майера, связывающий усилие при вдавлении сферы с диаметром отпечатка  $d$ . Изначально закон Майера не связан с механическими характеристиками испытываемого материала. В исследованиях использованы зависимости взаимосвязи экспоненты упрочнения  $n$  константой закона Майера  $m$ , полученные С.И. Булычевым. Для учета эффектов «sink-in/pile-up» использован параметр  $c^2 = h_c / h$ , где  $h_c$  – глубина, по которой происходит контакт сферы,  $h$  – глубина внедрения от уровня исходной поверхности. Определены границы применения предложенных выражений. Указано на отсутствие необходимости определения констант закона Майера. Приведено сравнение полученных результатов с опубликованными результатами конечно-элементного анализа по внедрению сферы в упругопластическое упрочняемое полупространство.*

**Ключевые слова:** внедрение сферы, упругопластический контакт, упрочнение материала, экспонента упрочнения, закон Майера.

УДК 62 – 336

## Разработка математической модели контактирования короткой цилиндрической оболочки и конуса

А.М. Долотов

Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия

amdolotov@mail.ru

Статья поступила 7.09.2013, принята 10.11.2013

*Рассматривается конструкционная контактная задача вдавливания жесткого конуса в торец короткой цилиндрической оболочки. Такая задача возникает при анализе работы уплотнительных соединений, стыковых узлов, центрирующих или демпфирующих устройств, где могут быть использованы конус и цилиндрическая оболочка. В процессе нагружения контакт между конусом и оболочкой может трансформироваться от контакта по линии к контакту по поверхности и обратно, что определяет (кроме реверса сил трения) нелинейность процесса деформирования. Описание напряженно-деформированного состояния оболочки необходимо выполнять в рамках модели Тимошенко-Рейснера, которая позволяет избежать появления сосредоточенных сил на границах области контактирования, что имеет место при использовании модели Кирхгофа-Лява. Предлагается использование новых*

нормальных фундаментальных функций для решения уравнения деформирования оболочки в рамках модели Тимошенко-Рейснера, аналогичных функциям академика А.Н. Крылова, используемым для решения уравнения деформирования оболочки в рамках модели Кирхгофа-Лява. Приводятся варианты уравнения деформирования оболочки в рамках модели Тимошенко-Рейснера как относительно угла поворота нормали к срединной поверхности оболочки, так и относительно радиального перемещения точек срединной поверхности оболочки. Получено выражение для силы, с которой конус вдавливается в торец оболочки, при которой контакт из линейного переходит в контакт по поверхности.

**Ключевые слова:** контактная задача, оболочка Тимошенко-Рейснера, стык, функции А.Н. Крылова.

УДК 621.833

## Силы в зацеплении торцевой зубчатой передачи

А.А. Ревенский<sup>а</sup>, В.Е. Гозбенко<sup>б</sup>

Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия

<sup>а</sup>foka5@yandex.ru, <sup>б</sup>vgozbenko@yandex.ru

Статья поступила 14.08.2013, принята 17.11.2013

*Сведения о геометрии, кинематике и силовом взаимодействии определяют прочностной расчет любого типа зацепления. Немаловажным фактором правильной оценки работы передачи является корректная оценка силового взаимодействия: силы, действующие в зацеплении, их величина и вклад в то или иное негативное воздействие. В статье ставятся задачи рассмотрения сил, возникающих в зацеплении торцевой зубчатой передачи, и выбора составляющих сил, необходимых для дальнейших расчетов и особенностей определения. С помощью геометрических построений и тригонометрических зависимостей получены выражения для определения каждой составляющей. Разложение величины нормального усилия на радиальную и окружную составляющие применено по аналогии с известными типами зацеплений и как наиболее удобное с точки зрения оценки отдельных составляющих по имеющимся данным (крутящий момент, диаметры колес). Отличительной особенностью расчета является то, что значение нормального усилия, принимаемое для дальнейших расчетов, зависит от двух параметров, сочетание которых должно в итоге давать максимальное значение нормальной силы. Такими параметрами являются окружное усилие и угол между направлениями нормальной и окружной составляющих. В результате исследования выявлено, что максимальное нормальное усилие приходится на точки, близкие к внутренней окружности зубьев колеса. Угол между направлениями нормальной и окружной составляющей в данной точке определен однозначно для каждого соотношения диаметров начальных окружностей колес. С увеличением этого отношения угол уменьшается. Таким образом, были получены зависимости для определения сил в зацеплении торцевой зубчатой передачи, что в дальнейшем позволит определить допустимые контактные и изгибные напряжения.*

**Ключевые слова:** торцевая передача, силы в зацеплении, взаимодействие профилей.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.311:621.331

### Анализ схем симметрирования тяговых нагрузок железных дорог переменного тока\*

В.П. Закарюкин<sup>а</sup>, А.В. Крюков<sup>б</sup>, Е.С. Иванова<sup>с</sup>

Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия

<sup>а</sup>zakar49@mail.ru, <sup>б</sup>and\_kryukov@mail.ru, <sup>с</sup>ivanova\_es89@rambler.ru

Статья получена 2.09.2013, принята 19.11.2013

*На основе компьютерного моделирования с помощью программного комплекса «Fazonord-Качество» проанализированы схемы симметрирования двухфазных тяговых нагрузок железных дорог переменного тока. Рассматривались схемы Скотта и Штайнмеца, а также двухфазные симметрирующие трансформаторы Б.М. Бородулина. Показано, что наиболее предпочтительной является схема Штайнмеца, обладающая следующими преимуществами: возможностью симметрирования как двухфазной, так и однофазной нагрузки; снижением реактивного электропотребления; полным использованием номинальной мощности трехфазного трансформатора; невысокой*

чувствительностью к погрешностям регулирования параметров схемы. Выявлено, что для реализации схемы Штайнмеца требуется подключение к фазам 27.5 кВ тягового трансформатора трех регулируемых реактивных элементов.

**Ключевые слова:** системы электроснабжения железных дорог, симметрирующие трансформаторы.

УДК 621.311

## Интервальное моделирование аварийных режимов электроэнергетических систем

А.В. Крюков<sup>a</sup>, А.И. Литвинцев<sup>b</sup>

Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия

<sup>a</sup>and\_kryukov@mail.ru, <sup>b</sup>alexanderlitvintsev@yahoo.com

Статья получена 2.08.2013, принята 19.11.2013

*При моделировании нормальных и аварийных режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) параметры силовых элементов определяются по паспортным, проектным или справочным данным. При этом используется значительное число допущений, в частности, параметры считаются неизменными или слабо меняющимися во времени. В то же время известно, что указанные параметры зависят от многих факторов и могут претерпевать ощутимые изменения в процессе эксплуатации. Поэтому для корректного анализа ЭЭС требуются математические модели, учитывающие неопределенность исходных данных. Одним из эффективных средств учета неопределенности являются методы интервального анализа. В статье рассматриваются вопросы применения методов интервального анализа для расчетов аварийных режимов ЭЭС. В отличие от известных работ по интервальному анализу ЭЭС, в которых используется однолинейная постановка, предлагается более общий подход, основанный на использовании фазных координат и применимый для определения несимметричных установившихся режимов, а также задач расчета токов короткого замыкания (КЗ) при несимметричных повреждениях. Предлагается методика интервального определения токов короткого замыкания, основанная на использовании фазных координат и решетчатых схем замещения из RLC-элементов, соединенных по схемам полных графов. На основе компьютерного моделирования по разработанной экспериментальной программе Intcalc показано, что интервальный анализ является эффективным средством учета неопределенности исходных данных при расчете аварийных режимов ЭЭС. Эта задача приобретает особую актуальность на современном этапе развития электроэнергетики, характеризуемом масштабным внедрением микропроцессорных устройств релейной защиты и системной автоматики.*

**Ключевые слова:** электроэнергетические системы, аварийные режимы, интервальное моделирование.

УДК 62-94

## Новые технологии повышения энергоэффективности элементов технологического оборудования

А.А. Федяев<sup>a</sup>, Д.А. Наговицын<sup>b</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>vends@newmail.ru, <sup>b</sup>my\_workstation@mail.ru

Статья поступила 13.08.2013, принята 16.11.2013

*Основная задача при проведении процесса сушки – обеспечить равномерное удаление влаги из древесины при наименьших энергозатратах. По своей конструкции большинство конвективных сушильных камер имеют нижний и верхний циркуляционные каналы, разделенные ложным потолком. Циркуляция энергоносителя в таких камерах происходит по замкнутому контуру с резким поворотом потока на 180 градусов. Такое течение является турбулентным и характеризуется наличием завихрений и неравномерным распределением рабочего агента по сечению сушильной камеры. Все эти факторы негативно сказываются на качестве сушки в целом и являются актуальным направлением научных исследований, способствующих решению проблемы энергоэффективности и продолжительности сушки древесины. При проведении экспериментальных исследований направления и скорости потока рабочего агента выяснилось, что значения скорости значительно отличаются по высоте сечения нижнего циркуляционного канала. Так как энергоподвод к сушиму материалу зависит от скорости энергоносителя, то очевидно, что в штабеле пиломатериала будет наблюдаться отклонение конечного влагосодержания от заданного, что, в свою очередь, является причиной технологического брака. Для выравнивания потока энергоносителя по высоте была проведена серия экспериментов по подбору конфигурации, количества и месторасположения направляющих устройств для выравнивания входного профиля. В конечном итоге получено наиболее рациональное распределение профиля скорости при установке двух направляющих устройств. Зная номинальную мощность сушильной камеры и определив продолжительность сушки пиломатериалов, при выровненном потоке энергоносителя по высоте штабеля*

можно оптимизировать рабочие характеристики камеры, а именно, сократить время сушки на 10-15 часов за один цикл и снизить брак продукции до 6 %. Экономия электрической и тепловой энергии будет достигать 15-20 %.

**Ключевые слова:** направляющие устройства, аэродинамика камеры, вычислительный эксперимент, поля скорости рабочего агента, влагосодержание древесины, процессы сушки.

УДК 621.9.06

## Модель системы напряжений и параметров деформирования срезаемого слоя в зоне резания

Р.Ю. Некрасов<sup>а</sup>, У.С. Путилова<sup>б</sup>, Е.В. Корешкова<sup>с</sup>, Д.А. Харитонов<sup>д</sup>

Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, Россия

<sup>а</sup>syncler@mail.ru, <sup>б</sup>ulyana\_tobolsk@mail.ru, <sup>с</sup>mtkm12@tsogu.ru, <sup>д</sup>denis8x8@gmail.com

Статья поступила 11.08.2013, принята 20.11.2013

*Рассмотрена взаимосвязь деформаций срезаемого слоя с распределением напряжений в зоне резания и нагружением режущего клина инструмента. Приведены результаты исследований контактных характеристик процесса резания при точении жаропрочных сталей и сплавов в технологически целесообразном диапазоне изменения режимов обработки. Представлено современное состояние вопроса о деформировании срезаемого слоя при точении жаропрочных сталей и сплавов с позиции положений теории пластических деформаций. Показано, что деформирование обрабатываемого материала характеризуется величиной относительного сдвига  $\varepsilon$  и усадкой стружки  $\xi$  при резании, а также геометрическими параметрами, определяющими расположение равнодействующей силы резания в условной плоскости сдвига и на передней поверхности инструмента. В результате проведенных исследований установлены параметры деформирования срезаемого слоя и система напряжений, действующих в зоне резания, позволяющие сформировать модель нагружения режущего инструмента, что необходимо для прогнозирования его работоспособности при лезвийной обработке высокопрочных труднообрабатываемых материалов.*

**Ключевые слова:** напряжения, пластические деформации, срезаемый слой, относительный сдвиг, усадка стружки, зона резания.

УДК 656.7:338; 656.7:658

## Методика построения прогноза развития авиации общего назначения в Российской Федерации с использованием искусственных нейронных сетей

Д.О. Никитенко

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, ул. Пилотов 38, Санкт-Петербург, Россия  
dmitry.nikitenko.88@gmail.com

Статья получена 7.08.2013, принята 20.10.2013

*Авиация общего назначения в России находится сегодня в зачаточном состоянии, однако ее популярность растет день ото дня, поэтому ее развитие требует непрерывного контроля и прогнозирования дальнейшего состояния. Разработка прогноза развития авиации общего назначения России – сложная проблема, требующая комплексного подхода для ее решения. Для прогнозирования изменения сложных переменных используются прогностические параметры – предикторы. В статье рассмотрен процесс формирования выборки предикторов с помощью метода экспертных оценок для построения прогноза изменения парка авиации общего назначения России. Полученная выборка скорректирована и уточнена с помощью метода корреляционного анализа. Сложные зависимости между предикторами и зависимыми переменными аппроксимируются различными методами. Обоснована целесообразность применения метода искусственных нейронных сетей для прогнозирования развития авиации общего назначения в России посредством сравнения результатов прогнозирования за прошедший период с результатами, полученными с помощью метода регрессионного анализа. Проведены предварительный анализ и нормализация входных данных. Осуществлено обучение нейронной сети выбранной структуры. Обученная сеть протестирована. Проверены точность и достоверность тестовых данных. Реализовано производство прогнозных данных с помощью обученной сети.*

**Ключевые слова:** выборка предикторов, метод экспертных оценок, корреляционный анализ, искусственные нейронные сети, регрессионный анализ.

УДК 621.314.222.6

# Автоматизированная система управления электрической парогенерирующей установкой

А.В. Хлыстиков

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
al@stemi.ru

Статья поступила 10.09.2013, принята 5.11.2013

*Рассмотрено устройство парогенерирующей установки КЭПР-250/0.4 как объекта автоматизации. Сформулированы требования к автоматизированной системе управления, которые требуется реализовать на выбранном оборудовании. Выбраны контролируемые параметры, изучены их влияние на работу установки и возможные причины выхода за допустимые пределы. Изучена последовательность включения установки. Описан алгоритм управления работой насоса в различных режимах. Рассмотрена схема срабатывания защит. Описан алгоритм предотвращения повышения содержания воды внутри парогенератора в ходе работы. Рассмотрены особенности выбранного программируемого логического контроллера (ПЛК) ОВЕН ПЛК73 применительно к задаче автоматизации паровой установки: наличие аналоговых и дискретных входов и выходов, интерфейсов связи с диспетчерскими системами, элементов индикации. Отмечены особенности подключения дискретных и аналоговых датчиков, а также исполнительных механизмов к ПЛК. Описаны элементы человеко-машинного интерфейса: индикация сигнальными лампами, звуковая сигнализация, сообщения на ЖК-дисплее ПЛК. Сформулированы возможные меры, направленные на повышение эксплуатационных характеристик: добавление датчика температуры пара, замена механических регулирующих устройств на электронные.*

**Ключевые слова:** паровая установка, автоматизация, диагностика, техническое состояние.

УДК: 628.9

## Система идентификации источников электромагнитных влияний на объектах энергетики

В.Ю. Савинов<sup>а</sup>, А.В. Струмеляк<sup>б</sup>, Т.Н. Яковкина<sup>с</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>savinov\_vu@mail.ru, <sup>б</sup>volandis@vfil.ru, <sup>с</sup>jatano@yandex.ru

Статья поступила 24.08.2013, принята 13.11.2013

*В настоящее время автоматические системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) объектов энергетики, логика работы которых выполнена на базе электромеханических элементов, уже имеют большой физический и моральный износ. Взамен АСУ ТП, основанной на базе электромеханических элементов, все большее распространение получают цифровые технические средства (ЦТС), обладающие расширенными функциональными возможностями и одновременно относительно низкой помехоустойчивостью к электромагнитным влияниям, возникающим на энергообъектах. Для разработки технических мероприятий по ограничению электромагнитных влияний на ЦТС до уровня, обеспечивающего их работоспособное состояние, необходимо идентифицировать электромагнитные влияния и их источники. Подавляющее большинство электромагнитных влияний по природе проявления регулярны, легко прогнозируемы и могут быть зафиксированы без особых усилий, однако существуют электромагнитные влияния спорадического характера, идентификация которых осложняется их стохастической природой. Одним из способов идентификации помех спорадического характера является разработка системы идентификации и мониторинга электромагнитных влияний. Подобная система способна посредством специальных датчиков, собирающих информацию об электромагнитном влиянии, и дальнейшей обработки информации идентифицировать помеху и ее источник. Идентификация источника помех, в свою очередь, позволит разработать технические мероприятия по снижению уровня электромагнитного влияния на ЦТС. Таким образом, предлагаемая система идентификации позволит качественно подготовить энергообъект к внедрению ЦТС и при этом осуществлять эксплуатационный контроль за тенденциями и динамикой изменения электромагнитной обстановки, а также определять и регистрировать действительные значения электромагнитной обстановки в реальном времени, сигнализировать о возможном выходе из строя оборудования по причине недопустимых электромагнитных воздействий и фиксировать выход из строя ЦТС по причине электромагнитных влияний; способствовать поиску местонахождения источников электромагнитных влияний и устранению механизмов передачи помехи.*

**Ключевые слова:** идентификация помех, энергообъект, электромагнитный, источник.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.923.6

## Применение алмазных кругов на металлической связке для комплексной подготовки металлорежущего инструмента

А.С. Янюшкин<sup>а</sup>, П.В. Архипов<sup>б</sup>, О.И. Медведева<sup>с</sup>, Д.В. Лобанов<sup>д</sup>, Д.А. Рычков<sup>е</sup>, А.А. Сурьев<sup>ф</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>yanyushkin@brstu.ru, <sup>б</sup>mf\_nauka@brstu.ru, <sup>с</sup>kafmath@brstu.ru, <sup>д</sup>dielektrik84@mail.ru, <sup>ф</sup>surjev@front.ru

Статья получена 16.09.2013, принята 17.11.2013

*В статье отражены преимущества применения сборных конструкций режущих инструментов, получивших наибольшее распространение за счет высокой производительности и эффективности при обработке широкого спектра материалов. Отмечены проблемы комплексной подготовки режущих инструментов существующими методами и необходимость их совершенствования для обеспечения заданных геометрических и качественных параметров в зависимости от производственных условий. Рассмотрены традиционные методы комплексной подготовки инструмента. Отмечены преимущества применения алмазных шлифовальных кругов на металлической связке для обработки режущих элементов сборного инструмента в сравнении с традиционными абразивными материалами. Выявлены основные причины потери режущей способности алмазных шлифовальных кругов на металлической связке. Уделено внимание современным комбинированным методам обработки, позволяющим повысить эффективность применения алмазных кругов для подготовки режущего инструмента. Предложен метод комбинированной электроалмазной обработки с автоматическим управлением процессом непрерывной электрохимической правки круга, позволяющий блокировать процесс засаливания и повысить эффективность применения алмазных шлифовальных кругов на металлической связке при комплексной подготовке металлорежущего инструмента.*

**Ключевые слова:** режущий инструмент, шлифование, алмазный круг, инструментальные материалы.

УДК 691.41

## Влияние шламового отхода алюминиевого производства на структурообразование глино-кремнеземистого керамического материала

Н.А. Лохова<sup>а</sup>, И.А. Макарова<sup>б</sup>, А.Л. Макарова<sup>с</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>nlokhova@yandex.ru, <sup>б</sup>makarovabrgy@yandex.ru, <sup>с</sup>makarovabrgu@yandex.ru

Статья поступила 15.07.2013, принята 29.09.2013

*Получение светложгущихся стеновых керамических материалов пониженной средней плотности возможно на основе пыли газоочистки производства ферросплавов. Для направленного регулирования прочности и морозостойкости кремнеземистого черепка использован комбинированный флюс – добавка закарбонизованного суглинка и шлама газоочистки рекультивированного шламонакопителя алюминиевого производства. Использование комбинированного флюса обеспечивает более полное выгорание органических примесей и активизирует процессы спекания при обжиге. Это происходит за счет термической деструкции суглинка, обеспечивающей образование паров воды и диоксида углерода, и наличия активных плавней в шламе газоочистки. Методом математического планирования эксперимента установлено, что рациональная температура обжига (до 950 °С) и расход комбинированного флюса (суглинок 30 %, ШГ 5-15 %) обеспечивают получение черепка с заданной морозостойкостью (F35 – F50) и прочностью при сжатии не ниже 10 МПа. Установлено, что обожженный при 800 °С черепок содержит кварц, полевые шпаты, кристобалит и алюминаты кальция. При этом в структуре керамического черепка формируется значительный объем пор размером до 10 мкм (в том числе безопасных – до 0,1 мкм и промежуточных – 0,5-10 мкм), которые позитивно влияют на морозостойкость.*

**Ключевые слова:** глино-кремнеземистый керамический материал, пыль газоочистки производства ферросплавов, закарбонизованный суглинок, шлам газоочистки рекультивированного шламонакопителя алюминиевого производства, комбинированный флюс.

## Микропоризованные стеновые керамические материалы из техногенного сырья

Н.А. Лохова<sup>а</sup>, М.И. Цинделиани<sup>б</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>а</sup>nlokhova@yandex.ru, <sup>б</sup>kuklajoty@rambler.ru

Статья поступила 15.07.2013, принята 29.09.2013

*Создание изделий с повышенной морозостойкостью и улучшенными теплоизоляционными показателями является приоритетной задачей в области производства стеновых обжиговых материалов. Строение пористых керамических материалов оказывает значительное влияние на все эксплуатационные характеристики изделий. Наличие в многотоннажных дисперсных отходах теплоэнергетики и металлургии топливных остатков предопределяет выпуск на их основе микропоризованных керамических материалов с улучшенными теплозащитными свойствами. Кроме того, производство керамических материалов повышенной пористости требует разработки технологических приемов по упрочнению стенок пор. В статье приведены результаты комплексных исследований керамических стеновых материалов полусухого прессования на основе высококальциевой золы-унос от сжигания углей Ирша-Бородинского месторождения и пыли газоочистки Братского завода ферросплавов. Кроме того, использование пыли газоочистки ферросплавного производства, частицы которой имеют кластерное строение, предполагает обогащение пористой структуры черепка исходной межглобулярной пористостью. Для повышения морозостойкости золокремнеземистых керамических материалов при сохранении высокой пористости предлагается активизация внутреннего парогазовыделения на этапах первичной и заключительной кристаллизации черепка путем ввода закарбонизованного суглинка Анзелинского месторождения.*

**Ключевые слова:** высококальциевая зола-унос, пыль газоочистки ферросплавного производства, лицевая стеновая керамика, структурообразование, поровая структура, морозостойкость, микропоризованные стеновые материалы.

УДК 630.377.4

## Математическое моделирование технологических процессов поворотных лесопогрузчиков с переменным вылетом груза

В.Ф. Полетайкин<sup>а</sup>, П.Г. Колесников<sup>б</sup>

Сибирский государственный технологический университет, Мира 82, Красноярск, Россия

<sup>а</sup>Poletaikin\_VF@mail.ru, <sup>б</sup>KolesnikovPG@mail.ru

Статья поступила 16.08.2013, принята 29.09.2013

*Анализ конструкций отечественных и зарубежных подъемно-транспортных машин (погрузчики, автомобильные и другие самоходные краны) показывает, что в настоящее время широкое распространение получили машины с переменным вылетом груза. В конструкциях таких машин широко используются телескопические устройства (стрелы, рукоятки). При этом для погрузки длинномерной древесины используются лесопогрузчики, оснащенные телескопическими стрелами. Анализ параметров и технических возможностей подтверждает их преимущества перед другими типами лесопогрузчиков, и важнейшим из них следует признать переменный вылет груза, применение которого расширяет технологические возможности таких машин. Конструктивно переменный вылет груза может быть обеспечен телескопическим устройством, поэтому является перспективным создание лесопогрузчика с телескопической стрелой. Условия работы и предмет труда лесопогрузчиков специфичны, а потому к их исследованиям не могут быть применены результаты исследований других грузоподъемных и лесных машин. Это обосновывает необходимость разработки теоретических основ создания и совершенствования лесопогрузчиков такого типа. Математическое моделирование технологических процессов работы поворотных лесопогрузчиков осуществляется в представленной работе с применением математических моделей, разработанных на основе уравнения Лагранжа второго рода. Математическое моделирование включает оценку динамической нагруженности технологического оборудования посредством анализа кинетической энергии системы, анализ влияния различных кинематических параметров на нагрузку, возникающие в гидроцилиндрах механизмов подъема и изменения вылета телескопической стрелы, оптимизацию параметров кинематики.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, кинематические параметры, нагруженность элементов конструкции, поворотный лесопогрузчик с переменным вылетом груза.

## Исследование физико-химических свойств двухкомпонентных лакокрасочных материалов

Г.П. Плотникова<sup>a</sup>, Н.П. Плотников<sup>b</sup>, Н.Ю. Аксютенкова<sup>c</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>angara-galina-pavlovna@mail.ru, <sup>b</sup>n-plotnikov@mail.ru, <sup>c</sup>nataliya\_aksyutenkova@mail.ru

Статья поступила 4.09.2013, принята 17.11.2013

*Одним из способов получения светорассеивающего объемного оптического эффекта в объеме лакокрасочного покрытия для облагораживания мебельных изделий и щита является использование в лакокрасочном материале несовместимых полимеров, т. е. создание многокомпонентных лакокрасочных систем. Так, для формирования двухкомпонентной бинарной системы лакокрасочного покрытия с сохранением своего показателя преломления для каждой из фаз предлагается вводить в нитроцеллюлозную основу водную дисперсию поливинилацетата, что приведет к созданию гетерофазной коллоидной системы. Дополнительно известно, что нитроцеллюлоза и поливинилацетат являются совместимыми взаиморастворимыми полимерами. При их взаимодействии происходит диспергирование водной дисперсии поливинилацетата в среде нитроцеллюлозной основы. В результате диспергирования глобулы полимера фазы (поливинилацетатной дисперсии) будут окружены гидратными оболочками (нитроцеллюлозного лака). Процесс отверждения лакокрасочного покрытия будет происходить за счет испарения молекул воды, окружающих частицы полимера фазы. В результате реализуется так называемое «выкристаллизовывание» частиц поливинилацетата в объеме основного пленкообразующего без взаимодействия их с молекулами среды. Предполагается, что это должно отразиться на оптических свойствах сформированного покрытия в сторону создания объемного эффекта светопоглощения с сохранением его первоначальных физико-механических характеристик.*

**Ключевые слова:** лакокрасочный материал, нитроцеллюлозный лак, поливинилацетатная дисперсия, физико-химические показатели.

## Применение гидролизного лигнина в производстве древесно-полимерных композитов

Г.П. Плотникова<sup>a</sup>, Н.П. Плотников<sup>b</sup>, Е.А. Кузьминых<sup>c</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>angara-galina-pavlovna@mail.ru, <sup>b</sup>n-plotnikov@mail.ru, <sup>c</sup>kasugagoom@bk.ru

Статья поступила 4.09.2013, принята 17.11.2013

*На сегодняшний день на территории Зиминского гидролизного завода (Иркутская область) накоплено более 2 млн. т гидролизного лигнина – отхода гидролизного производства. Проводимые экспериментальные работы в области создания товарной продукции из лигнина имеют положительные результаты, но пока не получили дальнейшего развития в виде промышленного производства. С целью предотвращения самовозгорания, что может повлечь выбросы сернистых или серноокислых, азотистых и др. вредных веществ в атмосферу, принято решение о консервации залежей лигнина до той поры, когда появится возможность его вовлечения в промышленное производство. В 2005 году проведена работа по засыпке свалки лигнина на территории Зиминского гидролизного завода с использованием золошлаковых отходов ОАО «Иркутскэнерго» по технологии, разработанной учеными Лимнологического института СО РАН. Таким образом, одновременно производилась тушение горячей свалки, а также консервация ценнейшего сырья от его уничтожения огнем. К сожалению, пока использование лигнина не всегда доступно – организационно, экономически и технически. Например, разложение лигнина на более простые химические соединения (фенол, бензол и т. п.) при сравнимом качестве получаемых продуктов обходится дороже их синтеза из нефти или газа. В данной работе приводятся результаты исследований физико-химических свойств клеевых композиций на основе применения модифицированных гидролизным лигнином фенолформальдегидных смол. Рассмотрены состав и структура гидролизного лигнина. Установлена возможность использования гидролизного лигнина в качестве модификатора фенолформальдегидной смолы для производства клееной фанеры. Разработаны математические модели процесса прессования клееной фанеры и определены оптимальные параметры производства фанеры на основе применения смолы марки СФЖ-3013, модифицированной гидролизным лигнином.*

**Ключевые слова:** гидролизный лигнин, модификация, фенолформальдегидная смола, качество, прочность, физико-механические показатели.

## Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на стойкость металлорежущего инструмента при токарной обработке\*

А.Г. Кисель<sup>1, a</sup>, Д.С. Реченко<sup>2, b</sup>, А.Ю. Попов<sup>2, c</sup>, А.А. Ражковский<sup>1, d</sup>

<sup>1</sup>Омский государственный университет путей сообщения, пр. Маркса 35, Омск, Россия

<sup>2</sup>Омский государственный технический университет, пр. Мира 11, Омск, Россия

<sup>a</sup>kisel1988@mail.ru, <sup>b</sup>rechenko-denis@mail.ru, <sup>c</sup>popov\_a\_u@list.ru

Статья поступила 14.09.2013, принята 19.11.2013

*В процессах металлообработки практически во всех операциях применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Подача СОЖ в зону резания позволяет увеличить срок службы инструмента и повысить качество и точность обработки за счет смазочного и охлаждающего действия СОЖ. Применение СОЖ не всегда положительно влияет на процесс обработки. Выбор наиболее эффективной для данных условий СОЖ обеспечит наилучшие стойкость инструмента и качество обработки. Целью настоящей работы является экспериментальное определение влияния на износ и стойкость инструмента при токарной обработке стали 45 с подачей в зону резания 1,5 % в. р. к. с. (водного раствора кальцинированной соды) и разработка рекомендаций по применению данной СОЖ. Несмотря на то, что на сегодняшний день проведено достаточно большое количество исследований функциональных действий СОЖ, не существует единой методики, позволяющей назначить наиболее эффективную марку для конкретных условий обработки. В настоящее время на металлообрабатывающих предприятиях не умеют подбирать СОЖ, выбор основывается лишь на цене и длительном опыте эксплуатации нескольких марок. Исследования проводились при обработке стали 45 на токарном станке ФТ-11 твердосплавным инструментом при следующих режимах:  $V = 35$  м/мин;  $S = 0,10$  и  $0,26$  мм/об;  $t = 0,5$  мм; геометрические параметры режущего инструмента:  $\phi = 93^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\gamma = 7^\circ$ ;  $r = 0,8$  мм. При испытаниях определялся износ задней поверхности режущей пластины при обработке без СОЖ и с подачей СОЖ в зону резания. По результатам исследований строились графики зависимости износа инструмента от времени его работы. Высокое охлаждающее действие СОЖ 1,5 % в. р. к. с. приводит к перепадам температур в зоне резания, что вызывает появление термотрещин в режущей пластине, выкраивания и проточкины. Такие СОЖ целесообразно применять при обработке с высокими скоростями, когда попадание СОЖ в зону резания затруднено, и возникают высокие температуры в зоне резания. При низких скоростях подача 1,5 % в. р. к. с. в зону резания снижает стойкость инструмента.*

**Ключевые слова:** смазочно-охлаждающая жидкость, стойкость инструмента, режущая пластина, технологический износ, оптимальный износ, приработка инструмента, равномерный износ, проточина.

УДК 674.05(075.8)

## О необходимости дополнительных исследований энергоемкости процесса поперечного пиления древесины

И.В. Григорьев<sup>1, a</sup>, Е.Г. Хитров<sup>1, b</sup>, Ю.Н. Власов<sup>1, c</sup>, В.А. Иванов<sup>2, d</sup>, В.И. Жданович<sup>2, e</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский переулок 5, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>tlzp@inbox.ru, <sup>b</sup>yegorkhitrov@gmail.com, <sup>d</sup>ivanovva55@mail.ru

Статья получена 9.09.2013, принята 19.11.2013

*В статье показано влияние основной удельной работы резания при пилении древесины цепными пилами на общие энергозатраты при поперечном пилении древесины. Проведено сравнение опубликованных данных о значениях основной удельной работы резания, взятых из трудов В.Г. Кочегарова, Б.Г. Залегаллера, показано существенное (до 20 %) отклонение друг от друга расчетных значений основной удельной работы резания при пилении древесины цепями при использовании различных методик расчета указанной величины. Обоснована важность проведения дополнительных исследований энергоемкости процесса поперечного пиления древесины цепными пилами. Предложена методологическая основа проведения экспериментальных исследований по определению основной удельной работы резания при поперечном пилении древесины цепями, освещены перспективы дальнейших исследований в указанном направлении. В частности, предложен адаптированный под исследование процесса поперечного пиления древесины подход, основанный на положениях общей прикладной теории измельчения материалов; проанализирована возможность применения основных положений механики*

\* Договор № 02.G25.31.0099 от 01.07.2013 г. с Минобрнауки России об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием ОмГТУ

*разрушения материалов при определении численных значений основной удельной работы резания при поперечном пилене древесины ценными пилами. Показана связь упругих постоянных древесины (а именно – модуля упругости древесины при сжатии поперек волокон) и удельной работы резания при пилене.*

**Ключевые слова:** пиление древесины, поперечное пиление, энергоёмкость, ценные пилы, удельная работа резания.

УДК 674.047

## Повышение эффективности сушки измельченной древесины при производстве пеллет на ООО «Экотопливо»

А.А. Орлов<sup>а</sup>, Ю.А. Корчук<sup>б</sup>

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира 82, Красноярск, Россия

<sup>а</sup>orlov.tepl@mail.ru, <sup>б</sup>korchuk75@mail.ru

Статья поступила 2.09.2013, принята 21.11.2013

*Проведено экспертное обследование линии производства топливных древесных гранул (пеллет) мощностью 2000 кг/ч. Средняя фактическая производительность линии за 5 месяцев с момента ввода в эксплуатацию составила 200 кг/ч. Выявлены конструктивные недостатки основного оборудования линии: теплогенератора, сушильного барабана и пресс-гранулятора. Теоретическая мощность теплогенератора составила 475 кВт. Теплогенератор признан неработоспособным, опасным для персонала и подлежащим замене на современный, с автоматической подачей топлива. Определен фракционный состав древесных частиц после сушки. Проведены замеры скорости агента сушки в барабане. Средняя производительность установленного в линии сушильного барабана составила 366 кг/ч. Установка работала нестабильно по причине регулярных возгораний. Предложено внести в конструкцию сушильной установки изменения – на выходе из барабана установить конвейер для удаления крупных древесных частиц. После технического перевооружения расчетным путем установлено, что производительность участка сушки пеллетной линии возрастет до 1000 кг/ч. Работа участка сушки линии будет более эффективной, стабильной и пожаробезопасной.*

**Ключевые слова:** пеллеты, топливные гранулы, измельчение сырья, сушка древесных частиц, гранулирование.

УДК 624.131.64

## Исследование фильтрационных свойств волокнистых полимерных материалов при изменении давления

В. М. Герасимов<sup>а</sup>, Е. И. Нижегородцев<sup>б</sup>

Забайкальский Государственный Университет, ул. Александрово-Заводская 30, Чита, Россия

<sup>а</sup>vic.gerasimov.zabgu@yandex.ru, <sup>б</sup>dj\_world@mail.ru

Статья поступила: 6.09.2013, принята 19.11.2013

*Волокнистые полимерные материалы применяются при создании дренажных систем, служащих для защиты искусственных грунтовых сооружений от увлажнения атмосферными осадками и грунтовыми водами. Материалы, входящие в состав дренажных конструкций, характеризуются свойствами водонепроницаемости, изменяющимися под воздействием внешней нагрузки. В рамках статьи представлены исследования изменения фильтрационной способности конструкции пластикового дренажа на основе волокнистого полимерного материала, в зависимости от прикладываемой внешней вертикальной нагрузки, в плоскости, перпендикулярной к плоскости расположения материала. Для проведения экспериментов была создана специальная установка, позволяющая проводить исследования свойств дренажа непосредственно в грунтовом массиве. Испытаниям были подвергнуты дренажные конструкции, состоящие из материалов с различной поверхностной плотностью и толщиной. Полученные выводы отражают влияние вертикального давления, вызывающее ухудшение фильтрационной способности, обусловленное, в первую очередь, уменьшением пористости волокнистого полимерного материала, вызванным увеличением плотности вследствие деформации сжатия, что в последствии приводит к снижению эффективности всей дренажной системы. При устройстве дренажей из волокнистых полимерных материалов, входящих в состав конструкций массивных искусственных грунтовых сооружений, необходимо учитывать снижение фильтрующей способности при увеличении давления.*

**Ключевые слова:** дренаж, фильтрация, волокнистый полимерный материал, геотекстиль.

УДК 630\*23; 630\*231; 630\*231.41

## Особенности формирования культур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Приангарья

Е.М. Рунова<sup>a</sup>, С.А. Чжан<sup>b</sup>, О.А. Пузанова<sup>c</sup>, С.В. Шеверда<sup>d</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>runova@rambler.ru, <sup>b</sup>schzan@rambler.ru, <sup>c</sup>puzanova-olga@rambler.ru,

Статья поступила 14.09.2013, принята 18.11.2013

*Возможность неистощительного пользования лесными ресурсами и сохранение их биологического разнообразия – важнейшая задача лесного хозяйства страны. С учетом хозяйственной значимости, наиболее приемлемой породой для лесовосстановления в условиях Приангарья является сосна обыкновенная. Задачей исследования стало выявление особенностей роста лесных культур и естественного возобновления на лесокультурных площадях различного возраста. Процесс формирования древесины в разные возрастные периоды неоднозначен, поэтому происходит неодинаково. Соответственно, качество древесины в насаждениях разного возраста изменяется под воздействием многих факторов. Возрастные изменения качественных характеристик древесины культур сосны связаны с условиями местопроизрастания и имеют характер цикличности. В работе представлены наиболее распространенные типы леса и лесорастительных условий, в которых создаются и произрастают лесные культуры сосны обыкновенной различного возраста и различных технологических схем посева и посадки. Лесорастительные условия, в которых произрастают лесные культуры различных возрастных групп, обеспечивают хороший прирост не только для сосны обыкновенной, но и для мягколиственных культур. При несвоевременном проведении рубок ухода это может привести к нежелательной смене пород.*

**Ключевые слова:** лесные культуры, типы леса, лесорастительные условия, смена пород, возобновление леса.

УДК 630\*907.1

## Влияние предпосевной подготовки семян на их прорастание

Е.М. Рунова<sup>a</sup>, Л.В. Аношкина<sup>b</sup>, А.А. Васечкина<sup>c</sup>, Ю.П. Юганов<sup>d</sup>, И.А. Гарус<sup>e</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>runova@rambler.ru, <sup>b</sup>anoshkina.br@mail.ru, <sup>c</sup>vasechn@mail.ru, <sup>d</sup>yuganovup@mail.ru, <sup>e</sup>ivan-garus@yandex.ru

Статья поступила 16.08.2013, принята 14.10.2013

*В целях стимулирования массового прорастания семян и повышения грунтовой всхожести применяют разнообразные способы предпосевной подготовки, направленные на преодоление глубокого и вынужденного семенного покоя. Эффективность действия зависит от видовых и биологических особенностей семян, от типа покоя и тщательности соблюдения условий подготовки. Представлены некоторые результаты исследования предпосевной обработки семян сосны обыкновенной, туи западной и биоты восточной. Обработка проводилась в климатической камере BINDEP MKF-240 производства Германии. Для испытания брались кондиционные семена первого года после созревания. После обработки в климатической камере партии семян взвешивались и сравнивались с весом контрольной партии (необработанных) семян. Было проведено две серии опытов при различных температурных и влажностных режимах. Полученные результаты показали, что температурная обработка не только не ускоряет, но и задерживает прорастание семян. Планируется продолжение серии опытов.*

**Ключевые слова:** семена хвойных растений, предпосевная обработка, всхожесть, прорастание, взвешивание, климатическая камера, температурный режим, влажность, стратификация, стимуляторы роста.

## Распределение некоторых химических элементов в снежном покрове в г. Братске\*

Н.И. Янченко<sup>1, a</sup>, А.Н. Баранов<sup>1, b</sup>, В.А. Ершов<sup>1, c</sup>, Е.П. Чебыкин<sup>2, d</sup>, Е.Н. Воднева<sup>2, e</sup>,  
Е.В.Тимкина<sup>1, f</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова 83., Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Лимнологический институт СО РАН, ул. Улан-Баторская 3, Иркутск, Россия

<sup>a</sup>fduecn@bk.ru, <sup>b</sup>a\_baranow@mail.ru, <sup>c</sup>v.ershov@mail.ru, <sup>d</sup>cheb@kin.irk.ru, <sup>e</sup>ven@lin.irk.ru, <sup>f</sup>timkina.ekaterina@yandex.ru

Статья получена 21.08.2013, принята 14.10.2013

*В 2013 году проведен отбор проб снежного покрова в Братске, в северо-восточном направлении от Братского алюминиевого завода (БрАЗ) ОАО «РУСАЛ», на расстоянии от 3 до 29 км, и в региональном фоновом районе – Тункинской долине Республики Бурятия. Выбор химических элементов для анализа обусловлен тем, что элементы, которые входят в состав сырья и материалов для получения первичного алюминия (Li, Na, K, Al, Mg, Ca), относятся ко второму и третьему классам опасности (Cd, Co, Pb). Кремний включен в рассмотрение, поскольку на расстоянии менее 1 км от БрАЗа находится крупный завод по производству ферросплавов. Особенностью снежного покрова в изученном районе Братска является высокая величина рН (6,6-7,8). Проведено сравнение содержания элементов в фильтрате снеговой воды Братска с региональными и местными фоновыми значениями, с нормативными данными содержания элементов в питьевой воде, а также сравнение содержания элементов в твердом осадке снега с их кларками в земной коре. Рассчитанные соотношения количества элементов в фильтрате снеговой воды и твердом осадке снежного покрова частично отражают соотношение элементов, входящих в состав газообразных и твердых соединений атмосферы. Проведенные сравнения позволяют судить о степени трансформации такой геохимической среды, как снежный покров, и о потерях сырья при использовании той или иной технологии.*

**Ключевые слова:** снежный покров, распределение, атмосфера, фтор, соотношение, химические элементы.

УДК 001.891.3:378.091

## Автоматизированная система управления данными мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов

М.Е. Корягин<sup>a</sup>, Е.А. Ижмулкина<sup>b</sup>, О.В. Маринова<sup>c</sup>

Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт ул. Марковцева, 5, Кемерово, Россия

<sup>a</sup>oit@ksai.ru, <sup>b</sup>i-katja@mail.ru, <sup>c</sup>Olga.v.loshkareva@gmail.com

Статья поступила 14.09.2013, принята 19.11.2013

*Разработана информационно-аналитическая система мониторинга воздействия угольной промышленности на окружающую среду. Система включает базу данных, геоинформационную систему и программный модуль расчета текущих интегральных характеристик окружающей природной среды. База данных с веб-интерфейсом предназначена для ввода и хранения данных о техногенных ландшафтах и результатов мониторинга качества их природной среды. Представлена структура базы данных, содержащая 21 взаимосвязанную таблицу, что позволяет учесть основные мероприятия, проводимые на техногенном ландшафте, включая горные работы, рекультивацию земель и мониторинг флоры, фауны и почвы. Геоинформационная система с веб-интерфейсом включает в себя графические и тематические базы данных экологической направленности. Программный модуль предназначен для расчета текущих интегральных характеристик окружающей природной среды территорий изучаемых техногенных ландшафтов и прогнозирования сроков нейтрализации загрязнений и восстановления биологической продуктивности техногенных ландшафтов. Реализована визуализация состояний природной среды техногенных ландшафтов для выявления аномалий и качественной оценки динамики развития системы мониторинга. Взаимосвязь базы данных с ГИС предоставляет*

\* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задание 5.1678.2011), а также ОАО «РУСАЛ Братский алюминиевый завод»

дополнительные возможности визуального анализа и исследования пространственных взаимосвязей между угольными разрезами, технологиями рекультивации и характеристиками их экологического состояния.

**Ключевые слова:** мониторинг техногенно нарушенных ландшафтов, информационная система, база данных, окружающая среда.

УДК 630.11, 711.4

## Оценка качества городских открытых пространств (на примере объектов озеленения общего пользования г. Красноярск)

Е.В. Авдеева<sup>1, a</sup>, Е.А. Вагнер<sup>2, b</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира 82, Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск, пр. Свободный 79, Красноярск, Россия

<sup>a</sup>[e.v.avdeeva@gmail.com](mailto:e.v.avdeeva@gmail.com), <sup>b</sup>[katerina.wagner@gmail.com](mailto:katerina.wagner@gmail.com)

Статья поступила 10.09.2013, принята 19.11.2013

*Повышение комфортности городской среды в значительной степени зависит от эффективности функционирования системы озеленения города. Система озеленения является основным звеном экологического каркаса города, поэтому изучение процессов роста как отдельных деревьев, так и их совокупностей в городской среде является актуальной задачей. Ее решение позволит прогнозировать рост насаждений, оптимизировать структуру и видовой состав древесных растений, адекватно отвечающих условиям среды и влияющих на повышение ее качества. Для проведения целенаправленной работы по управлению качеством объектов озеленения необходима периодическая оценка их соответствия градостроительным и социальным требованиям. Таким образом, объекты озеленения выступают предметами прикладной квалиметрии, основная задача которой состоит в измерении степени соответствия качества объекта требованиям потребителей методами количественной оценки. На основании этого разработана классификационная система показателей качества с многоуровневой структурой, адаптированы методики прикладной квалиметрии для расчета параметров и оценки уровня качества объектов озеленения. Номенклатура показателей оценки уровня качества состоит из четырех основных блоков: функционально-планировочный; экологический, урботехногенный, эксплуатационный. Апробация разработанной методики проведена на примере оценки уровня качества скверов в г. Красноярске. Оценка проведена по 33 показателям, определены показатели наибольшего отставания фактического состояния сквера от требуемых параметров. По каждому блоку показателей разрабатываются рекомендации по реконструкции объекта. Проведенная оценка позволяет проводить экологическую реконструкцию объектов озеленения методами, адекватными сложившимся условиям.*

**Ключевые слова:** урбанизация, древесные растения, оценка качества, объекты озеленения.

УДК 665.1: 664.3.014

## Биоиндикационная оценка загрязнения воздушной среды г. Красноярск

Р.А. Степень<sup>a</sup>, О.А. Есякова<sup>b</sup>

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный технологический университет» пр. Мира 82, Красноярск, Россия

<sup>a</sup>[www.sibstu.kts.ru](http://www.sibstu.kts.ru), <sup>b</sup>[Olga-LA83@mail.ru](mailto:Olga-LA83@mail.ru)

Статья поступила 16.09.2013, принята 19.11.2013

*Развитие промышленно-энергетического хозяйства и увеличение автомобильного парка крупных городов способствует деградации природной среды и ухудшению здоровья населения. Предприятия выбрасывают огромное количество опасных загрязнителей, в том числе и канцерогенов, увеличивая тем самым число онкологических заболеваний горожан. Результаты стандартных методов определения индекса загрязнения атмосферы зачастую не отражают реального качественного и количественного содержания загрязняющих веществ. Для получения достоверной и более полной информации об экологическом состоянии территорий социальных объектов предлагается использовать биоиндикационные методы. В статье представлены материалы оценки уровня воздействия аэрогенного загрязнения по ответной реакции хвойных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata*), все чаще используемых в целях озеленения городской территории. В ходе исследований были проведены морфометрические измерения длины хвоинок, волюмометрическое определение их объема, проанализированы изменения влажности и пигментной системы ассимиляционного аппарата. Кроме того, гидродистилляционным методом из хвои*

было отогнано эфирное масло, по соотношению фракций которого производилось отнесение пробных площадок древесных насаждений к четырем типам деградации в зависимости от уровня антропогенной нагрузки. Выводы, сделанные в ходе проведения исследований разными биоиндикационными методами, совпадают, что указывает на эффективность применения любого из использованных методов при проведении мониторинга состояния окружающей среды.

**Ключевые слова:** загрязнение воздушной среды, биоиндикационные методы, визуальные наблюдения, пигментная система, эфирное масло.

УДК 502.521:606

## Перспективы использования биоматов при проведении рекультивации нарушенных земель в районах Крайнего Севера

И.П., Аистов<sup>a</sup>, А.Е. Гаглоева<sup>b</sup>

Омский государственный технический университет, проспект Мира 11, Омск, Россия

<sup>a</sup>aistov\_i@mail.ru, <sup>b</sup>anzhelika.gagloe@mail.ru

Статья поступила 21.09.2013, принята 20.11.2013

*Рассмотрена проблема рекультивации нарушенных земель в районах Крайнего Севера. Показана необходимость проведения работ по восстановлению поврежденных территорий. Проведен обзор существующих традиционных методов восстановления нарушенных территорий, которые состоят из двух этапов: технического и биологического. Описан основной комплекс работ по технической рекультивации, а также приведены этапы биологической рекультивации. Проведена оценка неэффективности использования традиционного метода в районах Крайнего Севера. Приведены современные биоинженерные технологии по рекультивации нарушенных земель. Подробно описана целесообразность применения биоматов для восстановления нарушенных территорий. Описана технология применения биоматов. Представлен сравнительный анализ затрат на рекультивацию нарушенного участка площадки геологоразведочной скважины Р-2012 ЗАО «Арктикгазстрой» Ямало-Ненецкого автономного округа традиционным способом и при помощи биоматов.*

**Ключевые слова:** рекультивация нарушенных земель, биоинженерные технологии, биоматы.

УДК 612.6

## Проблемы здоровья современной студенческой молодежи в условиях экологического неблагополучия

В.А.Никифорова<sup>a</sup>, Т.Г.Перцева<sup>b</sup>, Е.А.Прохоренко<sup>c</sup>, А.А.Никифорова<sup>d</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>nikiforovabr@mail.ru, <sup>b</sup>percevatg@yandex.ru, <sup>c</sup>san.brgu@inbox.ru, <sup>d</sup>eco@brstu.ru

Статья поступила 14.09.2013, принята 20.11.2013

*В связи с ухудшением экологической обстановки является актуальным установление степени влияния загрязнения окружающей среды на состояние здоровья населения при воздействии различных экологических факторов. В этой связи особую озабоченность вызывает студенческая молодежь, поскольку, с одной стороны, здоровье этого поколения в значительной мере обусловлено состоянием среды обитания на протяжении предшествующих двух десятилетий, а с другой – от состояния здоровья юношей и девушек, привлеченных к длительному процессу обучения, зависит эффективность их дальнейшей трудовой деятельности. Заболеваемость является одним из критериев оценки состояния здоровья исследуемых возрастных групп. Повышенный уровень заболеваемости характерен для территорий экологического неблагополучия, к которым относится г. Братск. В статье приведены результаты исследования показателей заболеваемости студенческой молодежи Братского госуниверситета в условиях воздействия неблагоприятных экологических факторов окружающей среды. Дана оценка риска основных патологических синдромов организма студентов в условиях урбанизированной среды.*

**Ключевые слова:** окружающая среда, здоровье, студенты, риск основных патологических синдромов.

УДК 551(06)

# О действии ионизирующей радиации на щелочно-галлоидные аэрозольные частицы

Губарева Т.В.

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

[tvgbratsk@mail.ru](mailto:tvgbratsk@mail.ru)

Статья поступила 10.09.2013, принята 19.11.2013

*Разработан и экспериментально подтвержден метод преобразования щелочно-галлоидных микрокристаллов в нитраты соответствующих щелочных металлов. Метод основан на анализе свойств щелочно-галлоидных микрокристаллов после воздействия ионизирующих излучений на систему «микрокристалл – воздух». Показано, что изучение зависимости свойств микрокристаллов от дозы облучения системы «кристалл – воздух» позволяет оценить доминирующий тип взаимодействия в системе – гетерогенный. Предложена лабораторная модель действия ионизирующего излучения на атмосферные аэрозольные частицы. Предложен гетерогенный механизм действия ионизирующего излучения на щелочно-галлоидные кристаллы в составе системы «кристалл – воздух». Рентгеновское и гамма-излучение, проходя через систему, приводят к иницированию гетерогенных реакций. При больших мощностях доз наблюдается преобразование щелочно-галлоидных микрокристаллов в нитраты соответствующих щелочных металлов. Лабораторные измерения и моделирование являются центральными элементами в химии атмосферы и важны для понимания реакций на поверхности аэрозольных частиц. Проведенные исследования показывают, как щелочно-галлоидные микрокристаллы могут разрушаться ионизирующими излучениями в атмосфере и какие продукты могут образоваться в результате.*

**Ключевые слова:** облучение, щелочно-галлоидные кристаллы, аэрозольные частицы, гетерогенные реакции, атмосферная химия, лабораторное моделирование.