

# ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 62.56.

## Связь режимов динамического гашения колебаний со структурой системы внешних воздействий

С.В. Белокобыльский<sup>a</sup>, В.Б. Кашуба<sup>b</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>rekt@brstu.ru, <sup>b</sup>nauka@brstu.ru

Статья поступила 20.01.2014, принята 15.04.2014

*В предлагаемой статье развиваются подходы, позволяющие ввести в рассмотрение при определении свойств механических колебательных систем при статических и периодических нагрузках особенности систем внешнего возмущения. Предполагается возможность введения понятия о комбинационном внешнем воздействии, при котором несколько внешних силовых факторов могут быть объединены в одну структуру, отражающую одновременно и геометрические особенности внешних сил. Отмечено, что в большинстве работ рассматриваются условия динамических взаимодействий между отдельными элементами системы, сопровождающихся компенсацией силовых факторов, что при фиксированных частотах гармонических внешних возмущений обеспечивает неподвижность по одной из координат механической системы. Показано, что такие подходы не исключают расширение представлений о формах динамических процессов, например, одновременного гашения по двум и более координатам виброзащитной системы. Учтена специфика задач виброзащиты и виброизоляции, которая заключается в том, что, как правило, динамическое состояние связано с обобщенными координатами положения объекта, которые являются «выходными сигналами», а «вход» представляет собой смещение основания (кинематическое воздействие) или силу, прикладываемую к объекту защиты или фрагментам виброзащитной системы («силовое воздействие»). Введены в рассмотрение понятия динамической и статической жесткостей. Определено, что использование или учет групповых или комбинационных свойств силового возмущения (в данном случае физический смысл заключается в реализации двухканального входа) представляет собой способ управления динамическим состоянием системы виброзащитной защиты объекта.*

**Ключевые слова:** гашение колебаний, виброзащитная система, динамические взаимодействия, силовые факторы, динамическая жесткость, статическая жесткость, управление динамическим состоянием.

## Connection of the modes of dynamic oscillation suppression with the structure of the system of external influences

S.V. Belokobylsky<sup>a</sup>, V.B. Kashuba<sup>b</sup>

Bratsk State University; 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>rekt@brstu.ru, <sup>b</sup>nauka@brstu.ru

Received 20.01.2014, accepted 15.04.2014

*The article develops some approaches allowing to examine the features of external disturbance system when determining the properties of mechanical oscillatory systems with static and periodic loadings. The concept about combinational external influence with some external power factors of one structure and also reflecting geometrical features of external forces has been supposed to be introduced. It has been noted that most scientific works consider conditions of dynamic interactions between separate elements of the system, accompanied by compensation of power factors. It provides immovability on one of the coordinates of mechanical system with fixed frequencies of harmonious external disturbance. It has been shown that such approaches do not exclude the expansion of conceptions about the forms of dynamic processes such as, for example, of simultaneous suppression on two or more coordinates of vibroprotective system. Peculiarities of the problems of vibroprotection and vibration isolation have been taken into consideration. The peculiarities shows that, as a rule, the dynamic state is connected with the generalized coordinates of the object position which can be considered as «output signals», and «entrance» is the basis shift («kinematic influence») or the force applied to object of protection or fragments of vibroprotective system («power influence»). The concepts of dynamic and static rigidity have been presented. It has been defined that the use of or accounting the group or combinational properties of power indignation (in this case the physical sense consists in realization of a two-channel entrance) represents a way of management of a dynamic state of the system of vibration protection of object.*

## Детерминированный хаос дисковой заглаживающей машины при кубической характеристике сил сухого трения

С.В. Белокобыльский<sup>a</sup>, В.А. Коронатов<sup>b</sup>, С.Н. Герасимов<sup>c</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>rektor@brstu.ru, <sup>b</sup>kortavik@mail.ru, <sup>c</sup>adm\_gerasimov@rambler.ru

Статья поступила 13.02.2014, принята 16.05.2014

*Путем численного интегрирования дифференциальных уравнений описывался переходной режим автоколебаний динамической модели дисковой заглаживающей машины. Изучался релаксационный режим, когда на периоде фрикционных крутильных автоколебаний скольжение диска чередуется длительными остановками (заклиниванием) за счет влияния сил сухого трения, имеющих кубическую характеристику. При этом на этапе проскальзывания допускались возможности мгновенной смены направления вращения диск (перескоки). Данная неавтономная динамическая система приводится к автономной путем ввода дополнительной переменной. Строятся фазовые траектории в трехмерном пространстве и в проекции на плоскость. Результаты численного счета показали, что в зависимости от параметров системы при сделанных допущениях дисковая заглаживающая машина может входить либо в устойчивый периодический режим автоколебаний, либо в режим детерминированного хаоса. В первом случае в фазовом пространстве областью притяжения фазовых траекторий является регулярный аттрактор, а во втором – странный аттрактор. Получена новая динамическая модель, приводящая к возникновению детерминированного хаоса.*

**Ключевые слова:** автоколебания, фрикционные, крутильные, релаксационный, переходной режим, сухое трение, кубическая характеристика, одномассовая модель, регулярный, странный, аттрактор, детерминированный хаос, фазовые траектории, фазовое пространство, дисковая заглаживающая машина.

## Determined chaos of a disk-shaped smoothing machine under cubic features of dry friction forces

S.V. Belokobylsky<sup>a</sup>, V.A. Koronotov<sup>b</sup>, S.N. Gerasimov<sup>c</sup>

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>rektor@brstu.ru, <sup>b</sup>kortavik@mail.ru, <sup>c</sup>adm\_gerasimov@rambler.ru

Received 13.02.2013, accepted 16.05.2014

*Transition mode of a self-excited dynamic model of a disk-shaped smoothing machine has been described by means of numerical integration of differential equations. Relaxation mode, when disk sliding takes turn with longtime stops (wedging action) because of the influence of dry friction forces under cubic features and on the period of self-excited frictional torsional oscillations, has been studied. Possibilities of immediate change of disk direction, while sliding, have been taken into consideration. A new dynamic model, causing determined chaos, has been received. The results of numerical calculations have shown that, depending on the system parameters, under the assumptions made, disk-shaped smoothing machine can go either stable periodic regime of self-oscillations or mode of determined chaos. In the first case, in the phase space, the area of attraction of the phase trajectories is a regular attractor, while the second is a strange attractor.*

**Ключевые слова:** self-excited oscillations, frictional, torsional, relaxation, transition mode, dry friction, cubic feature, single-mass model, regular, strange, attractor, determined chaos, phrasal path of motion, phrasal space, disk-shaped smoothing machine.

## Выбор экспериментального закона распределения динамических параметров бульдозерного агрегата при экспериментальных исследованиях

С.П. Ереско<sup>1, a</sup>, Т.Т. Ереско<sup>1, b</sup>, А.А. Климов<sup>2, c</sup>, А.В. Стручков<sup>1, d</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева, пр. им. Газеты «Красноярский рабочий» 31, Красноярск, Россия

<sup>2</sup>Красноярский институт железнодорожного транспорта Иркутского государственного университета путей сообщения, ул. Л. Кедровели 89, Красноярск, Россия

<sup>a</sup>eresko07@mail.ru, <sup>b</sup>ereskott@mail.ru, <sup>c</sup>anatoly.klimoff2013@yandex.ru, <sup>d</sup>str-alex-v@mail.ru

Статья поступила 7.02.2014, принята 15.04.2014

*Рассмотрен вопрос определения и выбора законов распределения силовых и скоростных параметров мобильных агрегатов в процессе их экспериментальных исследований с учетом того, что в ряде случаев в процессе анализа требуется совмещение статистических характеристик со стендовыми или другими (тяговыми) характеристиками. При этом требуется графическая интерпретация закона распределения, получить которую по традиционным характеристикам распределения не представляется возможным. Кроме того, применение нормального закона предполагает рассеивание случайных величин симметрично относительно центрального момента, в то время как многие силовые и скоростные параметры исследуемых агрегатов имеют естественное ограничение плотности распределения как с правой, так и с левой стороны. Предложена методика для получения графической интерпретации плотности распределения параметра по характеристикам распределения или, при необходимости, создания картины случайного изменения любого параметра мобильного агрегата при теоретических исследованиях. Предложенная методика заключается в применении вместо нормального закона распределения усеченного нормального закона, при этом совмещение экспериментального и теоретического законов производится не по математическому ожиданию, а по величине наибольшей вероятности, т. е. по моде экспериментальной кривой плотности распределения.*

**Ключевые слова:** нормальный закон распределения случайных величин, усеченный нормальный закон распределения случайных величин, математическое ожидание, мода экспериментальной кривой плотности распределения, функция распределения.

## Choosing the experimental law of distribution of dynamic parameters of the bulldozer unit at pilot studies

S.P. Eresko<sup>1, a</sup>, T.T. Eresko<sup>1, b</sup>, A.A. Klimov<sup>2, c</sup>, A.V. Struchkov<sup>1, d</sup>

<sup>1</sup>Siberian State Aerospace University after academician Mikhail F. Reshetnev; 31 Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup>Krasnoyarsk Institute of Railway Transport of Irkutsk State Transport University, 89 L. Ketskhovereli St., Krasnoyarsk, Russia

<sup>a</sup>eresko07@mail.ru, <sup>b</sup>ereskott@mail.ru, <sup>c</sup>anatoly.klimoff2013@yandex.ru, <sup>d</sup>str-alex-v@mail.ru

Received 7.02.2014, accepted 15.04.2014

*The article deals with the idea of the definition and choice of laws of distribution of power and speed parameters of mobile units in the pilot studies, taking into consideration that in some cases the analysis process is combining statistical characteristics with power or other (traction) characteristics. This requires a graphical interpretation of the distribution law, which cannot be received when using the traditional characteristics of distribution. Furthermore, the use of normal law involves scattering of random variables under rule of three while many power and speed parameters of aggregates have a natural frequency constraint, both on the right side and left side. The technique for receiving a graphical interpretation of the density parameter distribution by distribution characteristics, or, in case of necessity, for creating a picture of accidental changes of any parameter of a mobile unit in theoretical research has been proposed. The proposed technique consists in using normal truncated law instead of the normal distribution law. Combining experimental and theoretical laws have been done not on mathematical expectation but on the range of maximum probability, i.e. on the mode of the experimental curve of density distribution.*

**Keywords:** normal law of random variables distribution, the truncated normal law of random variables distribution, mathematical expectation, mode of the experimental curve of density distribution, distribution function

## Исследование нестационарных режимов работы машины для перемотки ткани

Е.В. Харченко<sup>a</sup>, Х.А. Высоцкая<sup>b</sup>, Р.А. Ковальчук<sup>c</sup>

Национальный университет «Львовская политехника», Карпинского 4, Львов, Украина

<sup>a</sup> kharchenko@wp.pl, <sup>b</sup> hb1976@mail.ru, <sup>c</sup> roma\_kov@meta.ua

Статья поступила 12.01.2014, принята 16.04.2014

*Динамические явления, возникающие в нестационарных режимах работы перемоточной машины, существенно сказываются на усилиях в ветвях ткани, точности укладки материала в рулон и, соответственно, на качестве швейных изделий. В статье рассматриваются результаты математического моделирования и экспериментальных исследований нестационарных процессов в перемоточной машине, включающей в себя частотно управляемый асинхронный двигатель, червячную и ременную передачи, ведущий и ведомый барабаны с тканью и взаимодействующие с перематываемым материалом промежуточные ролики. Расчет нестационарных процессов выполняется путем совместного интегрирования уравнений электромагнитных явлений в двигателе и уравнений движения механической системы. Построенная нелинейная система дифференциальных уравнений, описывающих динамические процессы, сведена к задаче Коши. Показано, что обеспечение стабильности натяжения ветвей ткани может быть достигнуто за счет одновременного использования сил сухого и вязкого трения для торможения ведомого барабана и роликов. С целью экспериментальной проверки результатов математического моделирования создана лабораторная установка, на которой исследовано влияние частоты напряжения питающей сети на временную зависимость и максимальное значение усилия натяжения ткани на участке, непосредственно примыкающем к ведущему барабану. Полученные результаты показали, что предложенная математическая модель нестационарных процессов обладает достаточной для инженерной практики точностью.*

**Ключевые слова:** машина для перемотки ткани, нестационарные режимы работы, колебательные явления, математическое моделирование, метод тензометрирования.

## Research of the unstationary working modes for textile rewinding machine

Y. V. Kharchenko<sup>a</sup>, K. A. Vysotska<sup>b</sup>, R. A. Kovalchuk<sup>c</sup>

National State University «Lvivska Polytechnika», 4 Karpinsky St., Lviv, Ukraine

<sup>a</sup> kharchenko@wp.pl, <sup>b</sup> hb1976@mail.ru, <sup>c</sup> roma\_kov@meta.ua

Received 12.01.2014, accepted 16.04.2014

*The dynamic phenomena, occurring in non-stationary process of the rewinding machine, have some significant impact on the efforts in the textile branches, the exactness of fabric winding and, thus, on the quality of textile wares. This article discusses the results of mathematical modeling and experimental research of unstationary processes in rewinding machine including a frequency-controlled induction motor, worm and belt transmission, driving and driven drums with textile and intermediate rollers, interacting with the rewinding material. The calculation of unstationary processes is performed by co-integration of the equations of the electromagnetic phenomena in the motor and the equations of motion of a mechanical system. Nonlinear system of differential equations describing the dynamic processes has been established and reduced to the Cauchy problem. It has been shown that ensuring the stability of the tension of textile branches can be achieved by simultaneous usage both the driven drum and intermediate rollers of dry and viscous friction for braking. To verify the results of mathematical modeling experimentally the laboratory facility has been made, which has helped to investigate the influence of the supply voltage frequency on the time dependence and the maximum textile tensile force of the site adjoined to the driving drum. The results have shown that the proposed mathematical model of unstationary processes is sufficiently accurate for engineering practice.*

**Keywords:** textile rewinding machine, unstationary working modes, oscillatory occurrences, mathematical modeling, strain measurement method.

## К вопросу определения времени перемешивания в роторно-вибрационном смесителе с оболочечным виброактиватором

И.М. Ефремов<sup>a</sup>, А.П. Соколов<sup>b</sup>, Д.В. Лобанов<sup>c</sup>, И.Б. Багаудинов<sup>d</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
<sup>a</sup>sdm@brstu.ru, <sup>b</sup>sokol\_sdm\_06@mail.ru, <sup>c</sup>d\_lobanov@mail.ru, <sup>d</sup>Bagaudinvi@rambler.ru  
Статья поступила 9.03.2014, принята 6.05.2014

*Долгосрочные исследования ряда моделей смесителей со встроенными виброактиваторами оболочечного типа, проводимые в Братском госуниверситете, доказали эффективность их использования (уменьшение времени перемешивания, энергоёмкости процесса перемешивания, увеличение прочности бетона на начальном этапе твердения). Ключевым параметром, определяющим эффективность вибрационного смесителя, является производительность. Наибольшее влияние на производительность оказывает время перемешивания (для конкретного смесителя). На настоящем этапе исследований важной задачей является определение рационального времени перемешивания. На основе имеющихся экспериментальных данных о времени перемешивания на моделях можно, используя основные положения комбинированной теории процесса смешивания, разработанной В.А. Кузьмичевым, определить время перемешивания для типовых геометрически подобных смесителей. Из всего многообразия возможных изучаемых физических параметров процесса перемешивания, таких, как скорость перемешивания частиц, их направления, наиболее общим и определяющим является концентрация компонента смеси  $W$ . Решая уравнение изменения концентрации по времени, можно вывести формулу времени перемешивания. Используя теорию подобия и анализа размерностей, возможно применять данную методику определения времени перемешивания для типовых конструкций смесителей. Предлагаемая методика предварительного расчета времени смешивания, удовлетворяющая качеству получаемого замеса для проектируемых смесителей, позволяет уже на этапе проектирования оценить эффективность предлагаемых конструкций по важнейшему показателю работы – производительности.*

**Ключевые слова:** производительность, время перемешивания, виброактиватор, концентрация, амплитуда, частота.

## Towards determining the mixing time in a rotary vibratory mixer with the shell-typed vibration activator

I.M. Efremov<sup>a</sup>, A.P. Sokolov<sup>b</sup>, D.V. Lobanov<sup>c</sup>, I.B. Bagaudinov<sup>d</sup>

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia  
<sup>a</sup>sdm@brstu.ru, <sup>b</sup>sokol\_sdm\_06@mail.ru, <sup>c</sup>d\_lobanov@mail.ru, <sup>d</sup>Bagaudinvi@rambler.ru  
Received 9.03.2014, accepted 6.05.2014

*Long-term studies of a number of models of mixers with integrated vibration activators of a shell type held in Bratsk State University proved the efficiency of the use of such activators (reduction of mixing time, energy intensity of the mixing process, increase of the concrete strength at the initial stage of hardening). The key parameter determining the efficiency of vibratory mixer is its performance. The mixing time (for every single mixer) has the greatest influence on the performance. At the present stage of research, an important task is to define rational mixing time. On the basis of available experimental data of mixing time and using the main provisions of the combined theory of mixing process, developed by V.A. Kuzmichev, it is possible to determine the mixing time for typical geometrically similar mixers. From the variety of possible physical parameters of the mixing process, such as the rate of stirring the particles and their direction, the most general and the most important is the concentration of the component of  $W$  mixture. By solving the equation of concentration changes by time, it is possible to derive the formula of the mixing time. Using the theory of similarity and dimensional analysis, it is possible to apply this method to determine the mixing time for typical constructions of mixers. The proposed method of preliminary calculation of the mixing time, matching the quality of the batch for the mixers constructed, allows to assess the effectiveness of proposed constructions on the most important work indicator such as performance on the construction stage.*

**Keywords:** performance, mixing time, vibration activator, concentration, amplitude, frequency.

## Энергетическая концепция твердости при кинетическом индентировании сферой

П.М. Огар<sup>a</sup>, В.А. Тарасов<sup>b</sup>, И.Б. Федоров<sup>c</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>ogar@brstu.ru, <sup>b</sup>TV-post@yandex.ru, <sup>c</sup>fedorov-ib@mail.ru

Статья поступила 17.03.2014, принята 20.05.2014

*С использованием аналитических зависимостей, описывающих процесс нагрузки и разгрузки при кинетическом индентировании сферой, определена удельная энергоемкость пластического вытеснения материала от уровня исходной поверхности., которая определяет энергетическую концепцию твердости. Показано, что энергетическая твердость может быть определена из диаграммы кинетического индентирования, построенной в координатах  $\bar{P}-\bar{h}$ , где  $\bar{P}$  – относительная нагрузка,  $\bar{h}$  – относительное внедрение сферического индентора. При этом относительная энергетическая твердость равна отношению  $\bar{P}/\bar{h}$ , умноженному на параметр  $C_p$ , значение которого изменяется в узких пределах 0,166...0,183 для конструкционных материалов, используемых в машиностроении. Показано, что в пределах  $h/R=0,05...0,4$  значения параметра  $C_p$  имеют минимум. С ростом упругих свойств материалов разброс значений  $C_p$  уменьшается для разных значений экспоненты упрочнения  $n$ . Приведено сравнение энергетической твердости с твердостью по Майеру и пластической твердостью.*

**Ключевые слова:** сферический индентор, кинетическое индентирование, работа деформирования, объем вытесненного материала, глубина остаточной лунки, твердость по Майеру, пластическая твердость.

## Power concept of hardness under the kinetic spherical indentation

P.M. Ogar<sup>a</sup>, V.A. Tarasov<sup>b</sup>, A.V. I.B. Fedorov<sup>c</sup>

Bratsk State University, 40, Makarenko str., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>ogar@brstu.ru, <sup>b</sup>TV-post@yandex.ru, <sup>c</sup>fedorov-ib@mail.ru

Received 17.03.2014, accepted 20.05.2014

*When using analytical relationships, which describe the process of loading and unloading under kinetic spherical indentation, power intensity of plastic material displacement from the original surface level has been defined. Power intensity determines power concept of hardness. It has been shown that power hardness can be determined from kinetic indentation diagram, constructed in  $\bar{P}-\bar{h}$  coordinates where  $\bar{P}$  is relative load,  $\bar{h}$  is relative penetration of a spherical indenter. Relative power hardness equals  $\bar{P}/\bar{h}$  multiplied by  $C_p$  parameter where  $C_p$  varies within a range of 0.166 ... 0.183 for structural materials used in mechanical engineering. It has been shown that, within  $h/R=0.05...0.4$ , the value of  $C_p$  parameter has a minimum. When elastic properties of materials grow, spread in values of  $C_p$  decreases for different values of the hardening exponent  $n$ . The comparison of power hardness with Meyer's hardness and plastic hardness has been also presented in the article.*

**Keywords:** spherical indenter, kinetic indentation, work of deformation, displacement volume of material, depth of residual indent, Meyer's hardness, plastic hardness.

## Формирование режущей кромки фрезерного инструмента для обработки слоистых композиционных материалов, армированных стеклянными волокнами

Д.А. Рычков<sup>1, a</sup>, В.А. Скрипняк<sup>2, b</sup>, А.С. Янышкин<sup>1, c</sup>, Д.В. Лобанов<sup>1, d</sup>

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

<sup>2</sup>Томский государственный университет, Ленина 36, Томск, Россия

<sup>a</sup> dielektrik84@mail.ru, <sup>b</sup> skrp2006@yandex.ru, <sup>c</sup> yanyushkin@brstu.ru, <sup>d</sup> mf\_nauka@brstu.ru

Статья поступила 4.03.2014, принята 7.05.2014

*Рассматривается подготовка режущего инструмента для обработки композиционных материалов, в частности выбор метода затачивания с учетом особенностей геометрии и прочностных характеристик режущей части. Геометрические параметры режущего инструмента для обработки композиционных материалов отличаются невысоким значением угла заострения, что вызывает трудности при формировании режущей кромки традиционными способами затачивания. Экспериментальные исследования проведены для твердых сплавов марок ТН20, ВК15, ВК8, ВК6, ВК6М, ВК3М с использованием алмазного круга на металлической связке при затачивании электрохимическими методами шлифования. Исследования, проведенные в Томском государственном университете в рамках проекта «Разработка технологии подготовки режущего инструмента для обработки слоистых композиционных материалов», позволили получить математические модели шероховатости обработанных поверхностей твердых сплавов и удельного расхода алмазного круга в зависимости от режимов затачивания, на основе которых разработаны рекомендации по применению технологий затачивания режущего инструмента для обработки композиционных материалов и назначению рациональных режимов резания. Для затачивания рекомендуется применять комбинированный метод шлифования, поскольку он обеспечивает наилучшее качество поверхности при более высокой производительности, имеет меньшую склонность к образованию дефектов на режущей кромке, а также более низкую шероховатость поверхности.*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, режущий инструмент, затачивание, качество поверхности, комбинированное шлифование.

## Formation of the cutting edge of a milling tool for machining laminated composite materials reinforced with glass fibers

D.A. Rychkov<sup>1, a</sup>, V.A. Skripnyak<sup>2, b</sup>, A.S. Yanyushkin<sup>1, c</sup>, D.V. Lobanov<sup>1, d</sup>

<sup>1</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>2</sup>Tomsk State University, 36 Lenin Av., Tomsk, Russia

<sup>a</sup> dielektrik84@mail.ru, <sup>b</sup> skrp2006@yandex.ru, <sup>c</sup> yanyushkin@brstu.ru, <sup>d</sup> mf\_nauka@brstu.ru

Received 4.03.2014, accepted 7.05.2014

*The article explains how to prepare a cutting tool for machining composite materials, the grinding type considering specifics of geometry and strength characteristics of the cutting part, in particular. Geometric parameters of a cutting tool for machining composite materials have low value of the cutting-point angle, so it causes some difficulties when forming the traditional ways of cutting edge sharpening. Experiments were carried out for hard alloy grades TN20, VK15, VK8, VK6, VK6M, VK3M using a diamond wheel metal bond while sharpening grinding electrochemical methods. Studies have yielded mathematical models for machined surface roughness carbide and diamond circle specific consumption depending on modes of sharpening on which recommendations for the use of technology of sharpening cutting tools for machining of composite materials and rational purpose cutting have been developed. Combined method is recommended to be used for sharpening grinding because it provides the best surface quality at higher productivity and has a lower tendency to form defects on the cutting edge, and a lower surface roughness.*

**Keywords:** composite materials, cutting tool, sharpening, surface quality, combined grinding.

## Влияние скорости резания на качество затачивания твердосплавного инструмента

Д.С. Реченко

Омский государственный технический университет, Мира 11, Омск, Россия

[rechenko-denis@mail.ru](mailto:rechenko-denis@mail.ru)

Статья поступила 20.02.2014, принята 13.05.2014

*Качество затачивания твердосплавного режущего инструмента определяет его стойкость, качество и надежность лезвийной обработки. На сегодняшний день существует большое количество фирм, поставляющих металлорежущий инструмент в Россию. Номенклатура представленного инструмента разнообразна и включает режущий инструмент для высокоточной обработки, при этом качество затачивания лезвия, то есть радиус округления лезвия этого инструмента, составляет порядка 10...15 мкм, что, в свою очередь, позволяет производить обработку с толщиной стружки не менее 20...30 мкм. Это ограничение зачастую является критическим и предельным, так как точность обработки некоторых ключевых деталей составляет 3...5 мкм, и приводит к значительному снижению потенциального ресурса режущего инструмента. Повышение качества затачивания до значений 1...3 мкм позволяет получать большую точность обработки и ресурс режущего инструмента.*

**Ключевые слова:** металлорежущий инструмент, режущая пластина, качество затачивания.

## Influence of the cutting speed on the quality of sharpening a carbide tool

D.S. Rechenko

Omsk State Technical University, 11 Mira Ave., Omsk, Russia

[rechenko-denis@mail.ru](mailto:rechenko-denis@mail.ru)

Received 20.02.2014, accepted 13.05.2014

*The quality of sharpening a carbide cutting tool determines its durability, the quality and reliability of edge cutting processing. Today there are a large number of companies supplying metal-cutting tools in Russia. Nomenclature of the tool submitted is diverse and includes cutting tools for high-precision processing; the quality of edge sharpening, i.e. the radius of edge rounding of this tool is about 10 to 15 microns, which, in turn, allows processing with chip thickness not less than 20 to 30 microns. This restriction is often critical and limiting because an accuracy of processing some key components is 3 to 5 microns, and it also leads to significant reduction of the potential resource of the cutting tool. Improving the quality of sharpening to the values of 1 to 3 microns allows to obtain greater accuracy of the processing and the resource of a cutting tool.*

**Keywords:** metal cutting tool, cutting plate, quality of sharpening.

## Анализ динамики элементов конструкции технологического оборудования поворотных лесопогрузчиков на основе математического моделирования

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 13.01.2014, принята 7.05.2014

*Переместительные операции в лесной промышленности остаются наиболее энергоемкими и трудоемкими. Одним из направлений совершенствования лесных подъемно-транспортных машин является создание и освоение серийного производства поворотных лесопогрузчиков с переменным вылетом груза, оснащенных телескопическими стрелами. Это обусловлено рядом их достоинств, таких, как улучшение условий труда оператора, повышение кинематической точности технологического оборудования, универсальность и более широкие технологические возможности. Одними из основных механизмов технологического оборудования поворотного лесопогрузчика с телескопической стрелой являются механизмы подъема и выдвижения секций телескопической стрелы. От обоснованности выбора параметров этих механизмов на стадии проектирования в значительной степени зависят надежность и эффективность работы машины, ее металлоемкость и энергоемкость. В работе рассмотрена методика построения математических моделей системы «рабочее оборудование – груз» поворотного лесопогрузчика с переменным вылетом груза с использованием уравнений Лагранжа второго рода. В процессе разработки математических моделей получены выражения кинетической энергии системы, дающие представление об энергоемкости технологических процессов заготовки древесного сырья. Разработанные математические модели позволяют на стадии проектирования определять оптимальные параметры технологического оборудования, прорабатывать различные варианты кинематических схем, повышать экономический эффект опытно-конструкторских работ.*

**Ключевые слова:** поворотный лесопогрузчик с переменным вылетом груза, математическая модель, кинетическая энергия системы, уравнения Лагранжа второго рода.

## Analysis of dynamics of elements of a design of processing equipment rotary loggers on the basis of the mathematical equipment

V.F. Poletaykin<sup>а</sup>, P.G. Kolesnikov<sup>б</sup>

Siberian State Technological University, 82 World str., Krasnoyarsk, Russia

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

Received 13.01.2014, accepted 7.05.2014

*Operations on movement in the forest industry remain the most power-intensive and labor-consuming. One of the directions of improvement of forest hoisting-and-transport cars is creation and development of a mass production of rotary loggers with a variable departure of the freight, equipped with telescopic arrows. It is caused by a number of their advantages, such as improvement of working conditions of the operator, increase of kinematic accuracy of processing equipment, universality and more ample technological capabilities. One of the main mechanisms of processing equipment of a rotary logger with a telescopic arrow are mechanisms of lifting and promotion of sections of a telescopic arrow. Reliability and overall performance of the car, its metal consumption and power consumption substantially depends on validity of a choice of parameters of these mechanisms at a design stage. In work the technique of creation of mathematical models of system "the working equipment – freight" a rotary logger with a variable departure of freight with use of the equations Lagrange of the second sort is considered. In the course of development of mathematical models expressions of kinetic energy the systems giving an idea of power consumption of technological processes of preparation of wood raw materials are received. The developed mathematical models allow to determine optimum parameters of processing equipment at a design stage, to study various versions of kinematic schemes, to raise economic effect of developmental works.*

**Keywords:** rotary logger with a variable departure of freight, mathematical model, kinetic energy of system, the equation Lagrange of the second sort.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.311

## Идентификация асинхронной нагрузки

В.П. Закарюкин<sup>1, a</sup>, А.В. Крюков<sup>1, b</sup>, Ле Конг Зань<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный технический университет, Лермонтова 83, Иркутск, Россия

<sup>a</sup>zakar49@mail.ru, <sup>b</sup>and\_kryukov@mail.ru, <sup>c</sup>danh\_lecong150287@mail.ru

Статья поступила 21.03.2014, принята 6.05.2014

*Для создания интеллектуальных систем электроснабжения необходима разработка методов моделирования, обеспечивающих высокую точность определения различных режимов, в том числе и сложносимметричных. Такие методы можно эффективно реализовать на основе фазных координат, являющихся наиболее естественной формой представления многофазных цепей. Из-за малого сопротивления обратной последовательности асинхронная нагрузка создает эффект снижения несимметрии в точках ее подключения. Поэтому для адекватного моделирования несимметричных режимов систем электроснабжения требуется корректный учет асинхронной нагрузки. Адекватные модели асинхронного электродвигателя, реализованные в фазных координатах, предложены в работах Иркутского государственного университета путей сообщения. Эффективное использование таких моделей возможно только при наличии точных данных о параметрах схем замещения асинхронного двигателя для прямой и обратной последовательностей. Анализ показывает, что методики определения указанных параметров на основе справочных данных могут давать заметно различающиеся результаты. Преодоление указанной трудности возможно на основе применения методов параметрической идентификации в фазных координатах. В статье предложена методика параметрической идентификации моделей отдельных асинхронных электродвигателей и узлов асинхронной нагрузки. Результаты компьютерного моделирования позволяют сделать вывод о том, что с помощью параметрической идентификации можно получить эквивалентную модель узла асинхронной нагрузки, обеспечивающую высокую точность расчетов как симметричных, так и несимметричных режимов. Варьирование режимных параметров показало корректную работу модели в широком диапазоне их изменения.*

**Ключевые слова:** системы электроснабжения, несимметричные режимы, асинхронная нагрузка, параметрическая идентификация.

## Identification of asynchronous loading

V.P. Zakaryukin<sup>1, a</sup>, A.V. Kryukov<sup>1, b</sup>, Danh Le Cong<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk State Transport University, 15 Chernishevsky St., Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Institute State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, Russia

<sup>a</sup>zakar49@mail.ru, <sup>b</sup>and\_kryukov@mail.ru, <sup>c</sup>danh\_lecong150287@mail.ru

Received 21.03.2014, accepted 6.05.2014

*Development of modeling methods providing high precision of various modes definition is necessary for creation of power supply intellectual systems, including asymmetrical modes. Such methods can be realized effectively on the basis of the phase coordinates which are the most natural form of multiphase chains representation. Small asynchronous loading resistance of negative sequence creates effect of asymmetry decrease in points of its connection. Therefore adequate modeling of power supply asymmetrical modes requires the correct accounting of asynchronous loading. The adequate models of the asynchronous electric motor realized in phase coordinates are offered in works of Irkutsk state transport university. Effective use of such models possibly only in the presence of exact parameters of positive and negative sequences asynchronous engine equivalent circuits. The analysis shows that techniques of specified parameters determination on the basis of reference data can yield much differing results. Overcoming of the specified difficulty is possible on the basis of parametrical identification methods in phase coordinates. In this article the technique of model parametrical identification of separate asynchronous electric motors and nodes of asynchronous loading is offered. Results of computer modeling allow drawing a conclusion that by means of parametrical identification it is possible to receive equivalent model of asynchronous loading node, providing high precision of calculations both symmetric and asymmetrical modes. It should be noted correct work of model in the wide range of regime parameters change.*

**Keywords:** power supply systems, asymmetrical modes, asynchronous loading, parametrical identification.

## Исследование комплекса параметров вибрации и внешнего магнитного поля в задачах диагностики асинхронных электродвигателей\*

А.В. Лукьянов<sup>a</sup>, Ю.С. Мухачев<sup>b</sup>, И.О. Бельский<sup>c</sup>

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

<sup>a</sup>loukian@inbox.ru, <sup>b</sup>Mukhachev\_Yu\_S@mail.ru, <sup>c</sup>belskiygor92@gmail.com

Статья поступила 13.03.2014, принята 6.05.2014

*Представлены результаты разработки и применения программно-аппаратного комплекса, позволяющего оценить уровень вибрации и напряженность внешнего магнитного поля асинхронных электродвигателей с целью диагностики развивающихся дефектов. Вопросы повышения надежности и долговечности асинхронных электродвигателей как наиболее ответственного звена в комплексах технологического оборудования являются наиболее важными. Проведены теоретические расчеты, описывающие зависимость изменения напряженности внешнего магнитного поля от наличия дефектов в асинхронных электродвигателях. Экспериментальные измерения производились при помощи разработанного авторами компактного переносного прибора со встроенным датчиком Холла. Опыты по определению параметров внешнего магнитного поля проводились на нескольких типах электродвигателей, по которым предварительно проведены вибрационные измерения. Виброизмерения и анализ параметров вибрации проводились с использованием виброколлектора СК-1100 и программы «Виброанализ 2.52» фирмы «Технекон». Результаты измерений обрабатывались с использованием специально созданной в программируемой среде MatLab программы «Fft\_gui» для анализа временных сигналов напряженности магнитного поля и быстрого преобразования Фурье с целью получения спектральных характеристик. По результатам измерений индукции внешнего магнитного поля были построены круговые диаграммы и проведен спектральный анализ сигналов. Исследована зависимость развития дефектов от характера изменения на круговой диаграмме внешнего магнитного поля и спектрального состава. По результатам виброанализа и распределения внешнего магнитного поля двигателя составлен подробный список дефектов, обнаруживаемых при помощи данного комплексного метода диагностики.*

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, параметры вибрации асинхронного электродвигателя, параметры внешнего магнитного поля асинхронного электродвигателя, прибор измерения индукции внешнего магнитного поля.

## Researching the complex of vibration parameters and external magnetic field in the problems of diagnostics of asynchronous electric motors

A.V. Lukyanov<sup>a</sup>, Y.S. Mukhachev<sup>b</sup>, I.O. Belsky<sup>c</sup>

Irkutsk State Transport University, 15 Chernishevsky St., Irkutsk, Russia

<sup>a</sup>loukian@inbox.ru, <sup>b</sup>Mukhachev\_Yu\_S@mail.ru, <sup>c</sup>belskiygor92@gmail.com

Received 13.03.2014, accepted 6.05.2014

*The article has been presented the results of development and application of hardware and software complex allowing to estimate vibration level and tension of external magnetic field of asynchronous electric motors in order to diagnose growing defects. The most important are the questions of increasing reliability and longevity of asynchronous electric motors as the most responsible link in the complexes of technological equipment. There have been done some theoretical calculations describing dependence of changing tension of external magnetic field on the defects in asynchronous electric motors. Experimental measurements have been taken with the help of a compact portable device with the built-in sensor of Hall created by the authors of the article. Tests on determining the parameters of external magnetic field have been carried out on a few types of electric motors with preliminary taken oscillation measurements. Vibrational measurements and analysis of vibration parameters have been taken with the use of vibrational collector SK-1100 and a program «Vibroanalysis-2.52», «Technekon». The results of measurements have been processed with the use of the program «Fft\_gui», specially designed in programmable environment MatLab for the analysis of temporal signals of magnetic field tension and fast Fourier transformation to get spectral descriptions. According to the results of measuring the external magnetic field induction, circular graphs have been constructed and spectral analysis of signals has been carried out. The dependence of defect growth on the change types has been shown on the circular graph of external magnetic field and spectral composition. According to the results of vibroanalysis and distribution of external magnetic field of electric motors, the list of the defects discovered with the help of the complex diagnostics method has been made.*

---

\* Работа проводится при финансовой поддержке правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации "Иркут" с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218

**Keywords:** asynchronous electric motor, vibration parameters of asynchronous electric motor, parameters of the external magnetic field of asynchronous electric motor, device for external magnetic field measurements.

## Математические модели сложных слабоформализуемых систем: компонентный подход

И.А. Щербатов

Астраханский государственный технический университет, Татищева 16, Астрахань, Россия  
Sherbatov2004@mail.ru

Статья поступила 9.04.2014, принята 20.05.2014

*Рассмотрен класс сложных слабоформализуемых систем с позиций компонентного подхода. Компонентный подход обеспечивает построение не единственной математической модели системы. Показаны механизмы образования компонент в рассматриваемом классе сложных систем, обуславливающие множественность математического описания. Сформулирована постановка задачи выбора необходимой математической модели из множества моделей компонент. Синтезирована методика описания математических моделей сложных слабоформализуемых систем на основе аналитических и интеллектуальных моделей. Показан выбор единственной модели для каждой компоненты, обеспечивающий согласованное достижение глобальной цели. Произведен анализ способов математического описания моделей. В качестве способа описания выбора математической модели предложено нечеткое когнитивное моделирование. Рассмотрен пример решения поставленной задачи на основе разработанной нечеткой когнитивной карты.*

**Ключевые слова:** сложная слабоформализуемая система, компонента, компонентная структура, математическая модель, нечеткое когнитивное моделирование.

## Mathematical models of complex poorly-formalized systems: component-based approach

I.A. Shcherbatov

Astrakhan State Technical University, 16 Tatishchev St., Astrakhan, Russia  
Sherbatov2004@mail.ru

Received 9.04.2014, accepted 20.05.2014

*A class of complex poorly-formalized systems has been discussed according to the component-based approach. The component-based approach enables to construct not only one mathematical model of the system. Mechanisms of components formation in the class of complex systems causing a multiplicity of mathematical description has been shown. The problem of selecting the mathematical model out of a multiplicity of component models has been formulated. The method for describing mathematical models of complex poorly-formalized systems based on analytical and intellectual models has been synthesized. Selection of a single model for each component to ensure consistent global goal has also been presented. The analysis of the ways of describing mathematical models has been made. As a way of describing the choice of a mathematical model fuzzy cognitive modeling has been proposed. An example of the problem solution based on the fuzzy cognitive map developed has been discussed.*

**Keywords:** complex poorly-formalized system, component, component structure, mathematical model, fuzzy cognitive modeling.

## Экономическое обоснование применения компенсирующих устройств для согласования трехфазной трехпроводной линии электропередачи с нагрузкой

В.А. Козлов<sup>1 a</sup>, Г.А. Большанин<sup>2 b</sup>, О.А. Козлова<sup>3 c</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «Братская электросетевая компания», Дружбы 45, Братск, Россия

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

<sup>3</sup>Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, Нежинская 7, Москва, Россия

<sup>a</sup>kozlov\_va@bk.ru, <sup>b</sup>bolshaning@mail.ru, <sup>c</sup>blestoks@yandex.ru

Статья поступила 14.03.2014, принята 16.05.2014

*Техническое обеспечение согласования линии электропередачи с электрической нагрузкой заключается в использовании компенсирующих устройств активной и реактивной мощностей. Их использование предполагает дополнительные затраты. Поэтому необходимо экономическое обоснование такого согласования. Показан пример выполнения такого обоснования для реального объекта. Приведены статистические параметры напряжений и токов для ЛЭП – 330кВ, обеспечивающей электрической энергией один из промышленных районов страны. Определены графики нагрузки по напряжению и току в дневной и ночной периоды. Определены статистические параметры передаваемой потребителю электрической энергии отдельно в дневной и ночной периоды. Определена общая стоимость этой энергии по действующему в 2013 году тарифу для городского населения. Определен коэффициент полезного действия анализируемой линии электропередачи до и после ее согласования с электрической нагрузкой. Показано, что согласование трехфазной линии электропередачи трехпроводного исполнения с нагрузкой обеспечивает повышение коэффициента полезного действия передачи электрической энергии более чем на 50%. Определена мощность компенсирующих устройств активной и реактивной мощностей, используемых для согласования линии электропередачи с электрической нагрузкой. Установлена их стоимость. Показано, что эффективность использования этих устройств составляет более 6 млрд. руб. со сроком их окупаемости около пяти лет. На основании выполненных исследований сделан вывод об экономической целесообразности согласования анализируемой линии электропередачи с электрической нагрузкой.*

**Ключевые слова:** трехпроводная линия электропередачи, согласованный режим, электрическая нагрузка, падающая волна, эффективность согласования.

## Economic justification of the use of compensating devices for coordination of a three-phase three-wire power line with loading

V.A.Kozlov<sup>1 a</sup>, G.A.Bolshinin<sup>2 b</sup>, O.A. Kozlova<sup>3 c</sup>

<sup>1</sup>CJSC «Bratsk Power Energy Company», 45 Druzhba St., Bratsk, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>3</sup>Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics, 7 Nezhinskaya St., Moscow, Russia

<sup>a</sup>kozlov\_va@bk.ru, <sup>b</sup>bolshaning@mail.ru, <sup>c</sup>blestoks@yandex.ru

Received 14.03.2014, accepted 16.05.2014

*Technical ensuring of coordination of a power line with electric loading consists in the use of compensating devices of active and reactive capacities. Their use assumes additional expenses. Therefore, the economic justification of such coordination is necessary. The example of the performance of such justification for real object has been shown in the article. Statistical parameters of tension and currents for the high voltage line are 330кВ, that provides with electric energy one of the industrial regions of the country. Production schedules have been determined by tension and current during day and night periods. Statistical parameters of electric energy transmitted to the consumer separately during the day and night periods have also been determined. The total cost of this energy has been determined by a tariff operating in 2013 for urban population. The efficiency output of analyzed power line before its coordination with electric loading has been defined. It has been shown that the coordination of a three-phase three-wire power line with loading provides the increase of efficiency for transferring electric energy for more than 50%. The power for compensating devices of active and reactive capacities used for coordination of a power line with electric loading has been determined. Their cost has been established. It has been shown that the efficiency of the use of these devices makes more than 6 billion rubles with the term of the payback of about 5 years. On the basis of the research, it can be concluded that it is economically feasible to coordinate analyzed power line with electric loading.*

**Keywords:** three-wire power line, coordinated mode, electric loading, falling wave, efficiency of coordination.

## Блок защиты от электрического пробоя автоматизированной системы управления процессами высокочастотной электротермии полимеров

А.В. Лившиц

Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия  
[livnet@list.ru](mailto:livnet@list.ru)

Статья поступила 12.03.2014, принята 17.05.2014

*В статье приведены результаты исследований одной из проблем высокочастотной электротермии – защиты оборудования, материала и приспособлений от электрического пробоя. Рассмотрены сопровождающие развитие пробоя частичные разряды и динамика их появления как очень чувствительная характеристика предпробойного состояния полимеров в процессе ВЧ-воздействия. На основе экспериментального исследования предпробойного состояния широкого спектра материалов различной толщины построена имитационная модель развития пробоя и определены критерии управления процессом высокочастотной обработки с целью его защиты от пробоя, представлена блок-схема алгоритма такого управления. С использованием методов математической статистики найдено, что с 95-процентной надежностью факт начала развития электрического состояния можно контролировать по трем частичным разрядам в заданном ранее временном интервале. Отмечена необходимость учета инерционности систем обратной связи. Найденные решения позволили построить автоматизированные системы управления высокочастотной обработкой полимеров с получением значительного годового экономического эффекта.*

**Ключевые слова:** высокочастотная электротермия, частичные разряды, система управления, электрический пробой, защитный контур.

## Electric breakdown security block for automated control system of high-frequency electrothermics processes of polymers

A. V. Livshits

Irkutsk State Transport University, 15 Chernishevsky St., Irkutsk, Russia  
[livnet@list.ru](mailto:livnet@list.ru)

Received 12.03.2014, accepted 17.05.2014

*The article describes some research results concerning such a problem of high-frequency electrothermics as electric breakdown security of equipment, material and devices. Partial discharges, accompanied electrical breakdown development, and dynamics of their formation as a very sensitive characteristic of electric pre-breakdown of polymers during high-frequency action have been considered in the article. On the basis of experimental studies of electric pre-breakdown state of a wide range of materials with different thicknesses a simulation model of electric breakdown development has been constructed and the process control criteria for high-frequency processing have been defined for electric breakdown security. A diagram of electric breakdown security block has been shown as an algorithm of the control. Due to the use of the mathematical statistics methods, it has been found that the beginning of the electric breakdown development can be controlled by three partial discharges in the time period previously given with reliability equals 95%. The author noted the necessity of taking into account the inertia of feedback systems. The solutions presented have made it possible to construct automated control systems of polymer high-frequency processing with obtaining significant annual economic effect.*

**Keywords:** high-frequency electrothermics, partial discharges, control system, electric breakdown, protective circuit.

УДК 621.365

## Исследование процесса высокочастотной электротермии термопластов на основе его математического моделирования

А.В. Лившиц

Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия  
livnet@list.ru

Статья поступила 12.03.2014, принята 17.05.2014

*Статья посвящена математическому моделированию процессов высокочастотной электротермии термопластических полимеров для технологической системы, которая представлена в виде пятислойной пластины, включающей электроды, изоляторы и обрабатываемый материал. Математическая модель, представленная в виде системы дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности с внутренним источником тепла для термопласта и граничных условий третьего и четвертого рода, реализована в виде авторского программного обеспечения, которое позволяет решать широкий перечень исследовательских и практических задач высокочастотной обработки полимеров. К таким задачам относятся: изучение взаимовлияния геометрических и электрофизических параметров системы, определение глубины зоны влияния термоизоляторов, эффективной толщины изоляторов, толщины несимметричных изоляторов с целью смещения точки максимального нагрева при организации процесса сварки, времени достижения в обрабатываемом материале температуры сушки термопласта при различных значениях удельной мощности высокочастотной обработки. В статье представлены результаты исследования процессов электротермии и найденные на их основе технические решения.*

**Ключевые слова:** электротермия, термопласт, математическая модель, полимер, термоизолятор, сварка, сушка, полиамид, высокочастотная обработка.

## Study of high-frequency electrothermics process of thermoplastics on the basis of its mathematical modeling

A. V. Livshits

Irkutsk State Transport University, 15 Chernishevsky St., Irkutsk, Russia  
livnet@list.ru

Received 12.03.2014, accepted 17.05.2014

*The article is devoted to mathematical modeling of high-frequency electrothermics processes of thermoplastic polymers for technological system, which is presented as a five-layer plate with electrodes, insulators and the material being processed. The mathematical model presented in the form of a system of differential equations of unsteady heat conduction with internal heat source for thermoplastic and boundary conditions of the third and fourth generation, implemented in the form of copyright software which allows to solve a wide range of research and practical problems of high-frequency processing of polymers. Such problems include the study of the mutual influence of geometrical and physical parameters of the system, determination of the depth of the zone of influence of the heat insulators, the effective thickness of the insulator, the thickness of asymmetric insulators to shift the point of maximum heating in the organization of process of welding time in processed material drying temperature thermoplastic at different values of the specific power of the high-frequency processing. The article presents the results of research of electrothermics processes and technical solutions found on their basis.*

**Keywords:** electrothermics, thermoplastics, mathematical model, polymer, heat insulator, welding, drying, polyamide, high-frequency processing

## Информационные технологии в моделировании решения задач охраны окружающей среды

О.В. Сташок

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

[Olazar@yandex.ru](mailto:Olazar@yandex.ru)

Статья поступила 10.02.2014, принята 11.04.2014

*Проанализирована проблема обработки и учета большого количества метеорологической информации, необходимой при построении адекватных математических моделей в решении задач охраны окружающей среды. Эффективность решения ряда промежуточных задач посредством использования современных математических пакетов определяется спецификой решаемой проблемы и наличием знаний в области компьютерной алгебры. Разработан программный продукт, позволяющий обрабатывать ветровой режим любого региона. В его основе лежит численный метод Симпсона для вычисления двойного интеграла – вектора скорости ветра, где интегрирование ведется по средней скорости и по направленности на местности. Применение какого-либо математического пакета в данном случае не совсем рационально, целесообразнее произвести расчет численно, поскольку вычисления ведутся во вращающейся полярной системе координат, где промежуточные коэффициенты инвариантны повороту осей. Программа может использоваться исследователями при решении промежуточных задач моделирования в области охраны окружающей среды и как самостоятельный продукт, предназначенный для проведения статистической обработки метеорологических данных. Результаты численного решения хорошо согласуются с аналитическими выкладками, что подтверждает его точность и пригодность к использованию. Программа имеет удобный интерфейс, не требует наличия дополнительных знаний.*

**Ключевые слова:** атмосфера, моделирование, прогнозирование, метеорологические параметры, ветровой режим.

## Information technologies in modeling the solutions of environmental protection problems

O.V. Stashok

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

[Olazar@yandex.ru](mailto:Olazar@yandex.ru)

Received 10.02.2014, accepted 11.04.2014

*The problem of processing and accounting a large number of meteorological information required for constructing adequate mathematical models for solving environmental protection problems has been analyzed in the article. The efficiency of a solution of a number of intermediate targets by using modern mathematical packages is determined by the specifics of the problem solved and the knowledge in the field of computer algebra. The software program, allowing to process the wind regime of any region, has been developed. It is based on Simpson's numerical method for calculating the double integral – wind speed vector, with integration on medium speed and on territorial direction. The use of any mathematical package is not rational in this case. It is better to calculate numerically because the calculations are made in a rotating polar system of coordinates, where intermediate coefficients are invariable to rotation axis. The program can be used by researchers to solve intermediate modelling problems in the field of environmental protection, and as a standalone product, intended for statistical processing of meteorological data. The results of numerical solutions are in good agreement with analytical ones, which confirms their accuracy and usability. The program has convenient interface and does not require any additional knowledge.*

**Keywords:** atmosphere, modelling, forecasting, meteorological parameters, wind regime.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 69.002.68; 666.9.043.2

## Разработка технологий управления поровой структурой зернистых теплоизоляционных материалов на основе силикат-натриевых композиций

М.Ю. Иванов

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
nis@brstu.ru

Статья получена 10.03.2014, принята 19.05.2014

*Представлены результаты исследований зернистого теплоизоляционного материала, полученного путем вспучивания отформованных гранул из жидкостеклольной композиции на основе микрокремнезема, щелочного водного раствора, минеральных (глиеж) и органических добавок из продуктов сульфатно-целлюлозного производства (сульфатное мыло). Максимальная пористость зернистого теплоизоляционного материала на основе модифицированной жидкостеклольной композиции достигается при формировании структуры из пор различных размеров (уровней) с соотношением диаметров пор 1 : 4 и более, исходя из принципов плотной упаковки, что позволило разработать совокупность технологических приемов образования дифференциальной пористости: термообработка при 400 °С с удалением свободной воды (первый уровень), воздухововлечение при введении поверхностно-активных веществ (второй уровень), использование дисперсного компонента с микропористой структурой (третий уровень). При введении в жидкостеклольные композиции до 20 масс. % добавки глиежа с удельной поверхностью 270 м<sup>2</sup>/кг, при термообработке 400 °С увеличивается содержание кристаллической фазы в межпоровых перегородках, что способствует повышению прочности зерен теплоизоляционного материала на 38,8-43,3 % при сохранении пористости.*

**Ключевые слова:** зернистые теплоизоляционные материалы, жидкое стекло, микрокремнезем, модифицирующие добавки, поровая структура.

## Development of control technologies for the pore structure of granular heat insulation materials based on sodium-silicate compositions

M.Yu. Ivanov

Bratsk State University, 40 Makarenko, Bratsk, Russia  
nis@brstu.ru

Received 10.03.2014, accepted 19.05.2014

*The article presents the research results for granular heat insulation material obtained by swelling preformed granules of a liquid glass composition which is based on microsilica, an alkaline aqueous solution, and mineral (gliezh) and organic additives from the products of sulfate-and-pulp production (sulfate soap). According to the principles of close packing, the maximum porosity of granular heat insulation material based on modified liquid glass composition is achieved by forming the structure out of pores of different sizes (levels) with a ratio of pore diameters of 1:4 or more. It allows to develop a set of technological methods of formation of differential porosity such as heat treatment at 400°C with removing free water (first level), air entrainment at introducing surface active agents (second level), the use of dispersed component with a microporous structure (third level). When introduced into a liquid glass composition up to 20 wt. % of gliezh additive with specific surface of 270 m<sup>2</sup>/kg, and when heat treated at 400°C, the amount of crystalline phase in interporous partitions is increased, which contributes to raise the strength of granular heat insulation material up to 38.8-43.3% with the porosity being kept.*

**Keywords:** granular heat insulation materials, liquid glass, microsilica, modifying additives, pore structure.

## Модель выбора конструкции по количественным критериям в системе обеспечения технологичности изделий

Г.Х. Ирзаев

Дагестанский государственный технический университет, ул. И. Шамиля 70, Махачкала, Россия  
irzajev@mail.ru

Статья получена 21.03.2014, принята 20.05.2014

*Описана система обеспечения производственной технологичности изделий, направленная на создание и освоение новых изделий с низкими эксплуатационными затратами, совершенствование конструкций выпускаемых изделий путем внесения в них изменений, повышающих их технический уровень, технологичность и качество. При решении задач обеспечения технологичности изделий часто возникает необходимость применения методов многокритериальной оптимизации, например, при выборе наиболее предпочтительного по критерию технологичности варианта конструкции, выделении аналога из альтернатив для использования в качестве базового эталона. Рассмотрена реализуемая в составе системы модель прикладной задачи оптимизации конструкций изделий по количественным критериям технологичности в условиях проектно-производственной среды. Сформулированы решающие правила при реализации многошагового процесса ранжирования вариантов конструкции по критериям технологичности с построением кортежа Парето. Практическое применение модели показано на примере выбора оптимального, с точки зрения технологичности, варианта конструкции осциллографа на приборостроительном предприятии.*

**Ключевые слова:** система обеспечения технологичности, оптимизация конструкции, количественные критерии, матрица сравнения, коэффициент весомости, кортеж Парето.

## Structural optimization on workability with the use of quantitative criteria

G. Kh. Irzaev

Dagestan State Technical University, 70 I. Shamilya St., Makhachkala, Russia  
irzajev@mail.ru

Received 21.03.2014, accepted 20.05.2014

*The system providing workability of products has been described. It is concentrated on producing and developing new products with low operational costs. It is also concentrated on improving structure of the products by introducing changes, which increase their technical level, workability and quality. When solving problems to ensure workability of products, it is often necessary to apply methods of multicriteria optimization, for example, when selecting the most preferred variant of structure according to its workability, or when sorting out an analogue from the alternatives as a prototype. The article also describes an applied model of product structural optimization, implemented in the system, on quantitative workability criteria in terms of structural and production environment. The key rules of realization of multistage ranging of structural variants on quantitative criteria of workability with Pareto tuple constructed have been formed. Practical application of a model has been illustrated by the example of how to select an optimal form of oscilloscope structure according to its workability on instrument making enterprise.*

**Keywords:** workability control system, structural optimization, quantitative criteria, comparison matrix, weightiness coefficient, Pareto tuple.

## Высокодисперсные наполнители для порошково-активированных бетонов нового поколения

В.И. Калашников<sup>а</sup>, Р.Н. Москвин<sup>б</sup>, Е.А. Белякова<sup>с</sup>, В.С. Белякова<sup>д</sup>, А.В. Петухов<sup>е</sup>

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Титова 28, Пенза, Россия  
<sup>а</sup>kalashnikov\_vi@mail.ru, <sup>б</sup>moskva\_in@mail.ru, <sup>с</sup>var\_lena@mail.ru, <sup>д</sup>varya\_bel@mail.ru, <sup>е</sup>techbeton@pguas.ru  
Статья получена 18.03.2014, принята 19.05.2014

*Представлены компоненты порошково-активированных бетонов нового поколения, в том числе высокопрочных песчаных с прочностью 120 МПа и общестроительного назначения – до 40 МПа. Отличительной особенностью порошково-активированных бетонов нового поколения является повышенное содержание суспензионных составляющих, количество которых для каждого вида бетона различно. Реакционно-порошковые и порошковые пластифицированные бетоны являются суспензионными и самоуплотняющимися, т. к. содержат лишь водно-дисперсно-тонкозернистую матрицу (вода, цемент и молотая каменная мука, микрокремнезем и тонкий песок фр. 0,16-0,63 мм). Благодаря этой матрице обеспечивается реологическое (разжиженное) состояние песчаных и щебеночных бетонных смесей в присутствии супер- и гиперпластификаторов. Увеличение доли водно-дисперсной матрицы достигается введением высокодисперсных микрометрических порошков из горных пород осадочного, вулканического и метаморфического происхождения. Показано, что тонкодисперсные наполнители в бетонных смесях для обычных, высокопрочных и сверхвысокопрочных бетонов различны по своему функциональному действию и делятся на реологически-активные, реакционно-активные и гидратационно-твердеющие, в зависимости от происхождения каменной муки и техногенных отходов. Особенно ценными являются добавки, проявляющие свойства самостоятельного твердения (металлургические шлаки и зола-унос ТЭЦ). Реологически-активные высокодисперсные наполнители для бетонов нового поколения целесообразно изготавливать из отходов камнедробления на карьерах, а реакционно-активные – это отходы производства ферросилиция, микрокремнеземы. Это позволяет не только получать экономический эффект в связи со снижением расхода цемента, но и решать весьма важную экологическую задачу.*

**Ключевые слова:** тонкодисперсные наполнители, каменная мука, зола, прочность, самоуплотняющиеся бетоны.

## High-dispersivity fillers for powder-activated concretes of new generation

V.I. Kalashnikov<sup>а</sup>, R.N. Moskvina<sup>б</sup>, E.A. Belyakova<sup>с</sup>, V.S. Belyakova<sup>д</sup>, A.V. Petukhov<sup>е</sup>

Penza State University of Architecture and Construction; 28, G. Titova St., Penza, Russia  
<sup>а</sup>kalashnikov\_vi@mail.ru, <sup>б</sup>moskva\_in@mail.ru, <sup>с</sup>var\_lena@mail.ru, <sup>д</sup>varya\_bel@mail.ru, <sup>е</sup>techbeton@pguas.ru  
Received 18.03.2014, accepted 19.05.2014

*The components of powder-activated concretes of new generation have been presented in the article, including high-strength sand concrete with the strength of 120 MPa and concrete for general construction with the strength of up to 40 MPa. A distinctive feature of powder-activated concretes of new generation is the increased content of suspension components, the number of which for each type of concrete is different. Reactive-powder and powder plasticized concretes are suspension and self-sealing because they contain only water-dispersion-fine-grained matrix (water, cement and stone milled flour, silica fume and fine sand of 0,16-0,63 mm). Rheological (thin) condition of sand and gravel concrete mixes in the presence of super- and hyperplasticizers are provided by this matrix. Increase in the proportion of water-dispersed matrix is achieved by the introduction of highly dispersed powders of micrometer sedimentary stones of volcanic and metamorphic origin. It has been shown that fine fillers in concrete mixes for conventional, high-strength and ultra-high concretes differ in their functional effects and are divided into the rheologically active, reactive, and with hydration-hardening, depending on the origin of stone flour and industrial waste. Supplements showing the properties of self-hardening (metallurgical slag and fly ash) are especially valuable. Rheologically active high-dispersivity fillers for concretes of new generation can be produced out of lithotripsy waste in quarries, and a reactive fillers are waste of ferrosilicon production, silica fume. This allows not only to receive an economic impact due to lower cement consumption but it also solves a very important environmental problem.*

**Keywords:** fine fillers, stone powder, fly ash, strength, self-sealing concrete.

## К вопросу выбора рациональной марки инструментального материала

Е.А. Кудряшов<sup>а</sup>, И.М. Смирнов<sup>б</sup>

Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября 94, Курск, Россия

<sup>а</sup>kea-swsu@list.ru, <sup>б</sup>kea-swsu@list.ru

Статья получена 11.03.2014, принята 17.05.2014

*Предлагается технологическая классификация деталей и обрабатываемых поверхностей по способу образования и по способу обработки, что обладает новизной в рамках типизации процессов изготовления и восстановления утраченной работоспособности деталей современных машин. Объектами исследования являются наиболее распространенные в машиностроении и металлообработке детали – валы, втулки, корпусные детали и другие, изготовленные из сталей и чугуна различных марок. Технологическая часть содержит подробные сведения о количественных и качественных характеристиках обрабатываемых поверхностей детали, в их числе: размерная характеристика; состояние обрабатываемой поверхности; степень точности; шероховатость; отклонения формы и расположения; материал; термическая обработка. Приведен пример технологического классификатора детали «ось». Освещен вопрос применения на практике технологического классификатора.*

**Ключевые слова:** технологический классификатор, детали машин, обрабатываемая поверхность, изготовление, восстановление, работоспособность, технологический процесс, обработка резанием.

## Choosing rational brand of the tool material

E.A. Kudryashov<sup>a</sup>, I.M. Smirnov<sup>b</sup>

Southwestern State University, 94 50 let Oktyabrya St., Kursk, Russia

<sup>a</sup>kea-swsu@list.ru, <sup>b</sup>kea-swsu@list.ru

Received 11.03.2014, accepted 17.05.2014

*Technological classification of details and processed surfaces by the production manner and by the processing technique has been offered; it has novelty within the framework of type design practice of the production and restoration processes of functional loss of parts of modern machines. The research subjects are the most commonly used in mechanical engineering and metal-working industry parts such as rolls, liners, nonrotational and other parts, made of different types of steel and iron. Technological part of the article has extensive information about quantitative and qualitative features of the work surfaces of a part which includes magnitude; state of the work surface; accuracy rating; undulation; deviation of form and disposition; work material; heat treatment. The paper illustrates the example of a technological classifier of the part called «axle». The authors consider the issue of the practical use of the technological classifier.*

**Keywords:** technological classifier, machine parts, work surface, production, restoration, working ability, technological process, cutting action.

## Результаты натурных экспериментальных исследований гидродинамических качеств сплотовых единиц из древесины с ограниченным запасом плавучести

А.Ю. Жук

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

zhuk30@yandex.ru

Статья получена 19.03.2014, принята 12.05.2014

*Представлены результаты математической обработки натурных экспериментальных исследований по определению гидродинамических характеристик лесотранспортных единиц – хлыстовых пучков из древесины с ограниченным запасом плавучести (аварийной), длительное время находившейся в акватории Братского и Усть-Илимского водохранилищ. Для оценки влияния переменных факторов исследований на выходной параметр предусматривалась разработка математической модели, обеспечивающей возможность управления варьируемыми параметрами. В качестве выходной величины при проведении многофакторного эксперимента (по В-плану второго порядка) была принята  $Y_1$  – сопротивление  $R$ , кН. Проанализированы результаты математической обработки натурных экспериментальных данных и полученные графические зависимости. Выявлено, что наибольшее влияние на сопротивление  $R$  оказывает длина пучка, второй по значению является осадка пучка, третьей по значению – высота пучка, четвертой – ширина пучка. Полученные результаты послужат основой для дальнейших исследований в области освоения и транспортировки древесины, находящейся в прибрежных акваториях водохранилищ, а также разбросанной по берегам.*

**Ключевые слова:** плавучесть древесины, гидродинамические характеристики лесотранспортных единиц, сплав древесины, аварийная древесина, топляковая древесина, хлыстовые пучки, акватория водохранилищ.

## The results of field experimental study of hydrodynamic qualities of raft-assembling units of wood with limited buoyancy

A.Yu. Zhuk

Bratsk State University, 40 Makarenko str., Bratsk, Russia

zhuk30@yandex.ru

Received 19.03.2014, accepted 12.05.2014

*Results of mathematical processing of field experimental study on determining hydrodynamic qualities of raft-assembling units such as bunches of long-tailed timber made of the wood with a limited buoyancy (flotsam) and being in the water area of Bratsk and Ust-Ilimsk reservoirs for a long time have been presented in the article. To assess an influence of variable factors of research on output parameter, development of mathematical model providing possibility of management of varied parameters has been provided. As an output variable when carrying out multiple-factor experiment (according to B-plan of the second order), it has been accepted that  $Y_1$  is the resistance of  $R$ , kN. Results of mathematical processing of field experimental data have been analyzed and graphic dependences have been received. It has been revealed that length of bunch has the greatest impact on resistance  $R$ , bunch draft has the second value, bunch height has the third value, and bunch width has the fourth one. The results received will form a basis for further research in the field of development and transportation of the wood which is in coastal water areas of reservoirs or scattered on coasts.*

**Keywords:** wood buoyancy, hydrodynamic qualities of wood units, wood raft, flotsam, sunken wood, bunches of long-tailed timber, water area of reservoirs.

## Обоснование применения универсальных лесозаготовительных машин на предприятиях ЛПК Иркутской области

А.Н. Сухих<sup>a</sup>, Д.А. Сорокин<sup>b</sup>, Н.П. Плотников<sup>c</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>сухих2005@mail.ru, <sup>b</sup>dekan\_feiu@brstu.ru, <sup>c</sup>n-plotnikov@mail.ru

Статья получена 24.03.2014, принята 19.05.2014

*Применение предлагаемых лесозаготовительных машин позволит обеспечить устойчивость и неистощительность лесозаготовок. Перечисленные модели универсальны и предназначены для валки и трелевки леса, использование на них сменного навесного оборудования позволит выполнять весь объем лесосечных работ с требуемой эффективностью, даст возможность совершенствования технологического процесса современного ЛПК. Использование универсальных машин с различным навесным оборудованием вместо систем машин, применяемых на лесозаготовках, решит проблему несовместимости по производительности при работе машин в лесозаготовительных комплексах, сократит стоимость основных фондов и затраты на их техническое обслуживание. Поэтому предлагаемая автором интенсивная лесозаготовка с учетом комплексного инновационного подхода, на базе универсальных машин, позволит улучшить работу лесозаготовительных предприятий и лесопромышленного комплекса. Модели универсальных лесозаготовительных машин позволят на современном уровне решить насущные проблемы ЛПК. Применение предлагаемых методик позволит провести оптимизацию параметров и режимов работы лесозаготовительных машин, выбрать менее затратную технологию с целью их дальнейшего внедрения в ЛПК Иркутской области.*

**Ключевые слова:** универсальные лесозаготовительные машины, лесопромышленное производство, оптимизация, модель, методика, устойчивость и неистощительность лесозаготовок.

## Justification of the use of general-purpose timber machines on timber industry complexes of Irkutsk Region

A.N. Sukhih<sup>a</sup>, D.A. Sorokin<sup>b</sup>, N.P. Plotnikov<sup>c</sup>

Bratsk State University, 40 Makarenko, Bratsk, Russia

<sup>a</sup>сухих2005@mail.ru, <sup>b</sup>dekan\_feiu@brstu.ru, <sup>c</sup>n-plotnikov@mail.ru

Received 24.3.2014, accepted 19.05.2014

*The use of the timber machines will help to provide stability and sustainability of timber logging. The models mentioned are universal and aimed at timber felling and timber skidding. The use of the replaceable hinged equipment will allow to carry out all volume of cutting area work with great efficiency and will improve the technological process of modern timber industry complex. The use general-purpose machines with various hinged equipment instead of those applying on timber cuttings will solve a problem of productivity incompatibility during the work of timber machines on timber industry complexes. Also, it will reduce the cost of fixed capital and expenses for their maintenance service. Thus, intensive forest exploitation, based on the complex innovative approach, with the use of general-purpose machines will allow to improve work of timber logging and timber industry complex. The models of general-purpose timber machines allow to solve essential problems of timber industry complex. The use of these technologies will help to carry out optimization of parameters and work modes of timber logging machines and to choose cheaper technology to implement them on timber industry complex Irkutsk Region.*

**Keywords:** general-purpose timber logging machines, timber production, optimization, model, technique, stability and sustainability of timber logging.

## Математическое моделирование основных параметров аэростатно-канатной системы для трелевки древесины АКС-5

А.В. Абузов

Тихоокеанский государственный университет, Тихоокеанская 136, Хабаровск, Россия

[AC-systems@mail.ru](mailto:AC-systems@mail.ru)

Статья получена 15.03.2014, принята 19.05.2014

*Рассмотрена задача математического моделирования основных технологических показателей аэростатно-канатной системы АКС-5. Основные параметры, оказывающие прямое влияние на себестоимость работ аэростатно-канатных систем, были определены, исходя из проведения практических исследований аэростатной системы МТА-500. Оптимизация параметров установки проведена с учетом многофакторного анализа исследуемых показателей. Для анализа выбраны двенадцать наиболее влияющих факторов. В ходе исследований установлено, что рейсовая нагрузка и соответственно производительность работ могут меняться на протяжении смены и даже рабочего цикла. Особое влияние на процесс транспортировки оказывают температура и высота аэростата над уровнем моря. Получены уравнения регрессии для таких параметров, как рейсовая нагрузка, мощность установки, производительность и себестоимость работ. Методика позволяет определять оптимальные показатели эксплуатации системы при минимальной себестоимости работ.*

**Ключевые слова:** аэростатно-канатная система, аэростатная трелевка, моделирование параметров, статистика, рейсовая нагрузка, грузоподъемность.

## Mathematical modelling of the key parameters of aerial skidding system AKS-5

A.V. Abuzov

Pacific National University, 136 Tihookeanskaya St., Khabarovsk, Russia

[AC-systems@mail.ru](mailto:AC-systems@mail.ru)

Received 15.03.2014, accepted 19.05.2014

*The task of mathematical modelling of the key technological parameters of aerial skidding system AKS-5 has been considered. Key parameters, having direct influence on the cost of production of work of aerial skidding systems, have been determined by carrying out practical research of aerial skidding system MTA-500. Optimization of unit parameters has been done by taking multi-factor analysis into account. The analysis has shown that truck load and productivity of work can vary through the shift or even a working cycle. Temperature and altitude of an aerostat have a special influence on transportation process. The equations of regress for such parameters as truck load, unit capacity, unit productivity and the cost of production of work have been received. The technique allows determining optimum parameters of system operation at the minimal cost of production of work.*

**Keywords:** aerial skidding system, aerial skidding, modelling of parameters, statistics, truck load, load-carrying capacity.

## Постановка и решение задачи оптимизации раскроя пиловочника крупных размеров с выпиливанием трех брусьев одинаковой толщины и четырех пар боковых досок

А.И. Агапов

Вятский государственный университет, Московская 35, Киров, Россия

[kaf\\_mtd@vyatsu.ru](mailto:kaf_mtd@vyatsu.ru)

Статья поступила 28.02.2014, принята 13.05.2014

*Оптимальные размеры брусьев и досок определялись после первого прохода брусво-развального способа раскроя пиловочника. В качестве критерия оптимальности выбран выход пилопродукции, получаемый по данной схеме раскроя. Целевая функция представлена в виде суммы площадей поперечных сечений брусьев и досок. Математическая модель целевой функции устанавливает взаимосвязь размеров брусьев и досок. С увеличением размеров брусьев их объемы возрастают, а размеры и объемы боковых досок при этом уменьшаются, и наоборот. Очевидно, имеется такое соотношение размеров брусьев и досок, при котором целевая функция принимает максимальное значение. Уравнения связи представляют взаимосвязь диаметра пиловочника с размерами брусьев и досок. Для решения математической модели использовался метод множителей Лагранжа. Расчетные формулы для определения оптимальных размеров брусьев и досок были получены путем решения системы уравнений частных производных от функции Лагранжа совместно с уравнениями связи. Используя численный метод, были определены оптимальные размеры брусьев и досок, при которых целевая функция принимает максимальное значение. Расчеты показали, что оптимальная относительная толщина бруса для данной схемы раскроя пиловочника равна 0,139 от диаметра бревна в вершинном торце, а сумма толщин трех брусьев составляет 0,417 от этого диаметра.*

**Ключевые слова:** пиловочник, способ раскроя, критерий, целевая функция, уравнения связи, математическая модель, функция Лагранжа, численный метод, оптимальные размеры, брус и доски.

## Formulation and solution of the problem of optimization of cutting large-sized lumber logs with cutting out three square logs of the same thickness and four pairs of side boards

A.I. Agapov

Vyatka State University, 35 Moscow St., Kirov, Russia

[kaf\\_mtd@vyatsu.ru](mailto:kaf_mtd@vyatsu.ru)

Received 28.02.2014, accepted 13.05.2014

*Optimal size of the square logs and boards were determined after the first pass of lumber logs sawn with breaking up method. The output of the sawn timber produced under this cutting scheme has been chosen as the optimality criterion. The objective function has been presented as the sum of the squares of transections of square logs and boards. Mathematical model of the objective function establishes a relationship between the sizes of square logs and boards. The more the square log size, the more their volumes are and the less the side boards size is, and vice versa. Obviously, there is a ratio of the sizes of the square logs and boards in which the objective function takes the maximum value. Coupling equations present the relationship between diameter of lumber logs and sizes of square logs and boards. To solve the mathematical model the method of Lagrange multipliers has been used. Calculation formulas for determining the optimal size of square logs and boards have been obtained by solving the system of equations of the partial derivatives of the Lagrange function together with coupling equations. Using a numerical method, optimal sizes of square logs and boards, in which the objective function takes maximum value, have been determined. Calculations have shown that the optimum thickness of the square log for this scheme of cutting is 0.139 from the diameter of a log at the apex end, and the sum of the thicknesses of three square logs is 0.417 of this diameter.*

**Keywords:** lumber logs, cutting method, criterion, objective function, coupling equation, mathematical model, Lagrange function, numerical method, optimal size, square logs and boards.

## Модульно-рейтинговая технология обучения математике в техническом вузе

И.П. Медведева<sup>1, a</sup>, С.В. Миндеева<sup>1, b</sup>, Р.С. Бекирова<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет путей сообщения, Чернышевского 15, Иркутск, Россия

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

<sup>a</sup>ipm\_2010@rambler.ru, <sup>b</sup>pasha15032007@yandex.ru, <sup>c</sup>bekirovars@mail.ru

Статья поступила 17.02.2014, принята 20.04.2014

*Сравнительно новым направлением в педагогике является создание педагогических технологий, нацеленных на индивидуализацию обучения и получение мобильного знания. Одной из таких технологий, сочетающих в себе элементы классического подхода и новые формы обучения и контроля, является модульно-рейтинговая технология обучения. В статье представлены сущность и принципы модульного обучения, суть рейтинговой системы оценивания, определены этапы разработки и применения модульно-рейтинговой технологии, проанализированы основные компоненты структуры деятельности преподавателя, представлен опыт внедрения модульно-рейтинговой технологии обучения математике студентами технического вуза. Авторами статьи определены основные этапы деятельности преподавателя по созданию и применению модульно-рейтинговой технологии обучения математике; для каждого этапа разработаны структурные компоненты; представлены контрольно-измерительные материалы модульно-рейтинговой технологии обучения и система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся; выработаны критерии и уровни оценивания результатов учебной деятельности с учетом индивидуальных познавательных потребностей и возможностей обучающихся по каждому модулю. В статье также изложен опыт использования модульно-рейтинговой технологии обучения преподавателями кафедры математики Иркутского государственного университета путей сообщения и приведен сравнительный анализ результатов учебной деятельности контрольной и экспериментальной групп. В заключение представлены результаты эксперимента и выводы.*

**Ключевые слова:** педагогическая технология, модуль, модульное обучение, математика, рейтинг, рейтинговая система контроля.

## Module-rating technology for teaching mathematics in technical institution

I.P. Medvedeva<sup>1, a</sup>, S.V. Mindeeva<sup>1, b</sup>, R.S. Bekirova<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk State Transport University, 15 Chernishevsky St., Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>ipm\_2010@rambler.ru, <sup>b</sup>pasha15032007@yandex.ru, <sup>c</sup>bekirovars@mail.ru

Received 17.02.2014, accepted 20.04.2014

*A relatively new area in pedagogy is to create a pedagogical technique aimed at individualization of teaching and obtaining mobile knowledge. One of such technologies, combining elements of classical approach and new forms of learning and control, is the module-rating teaching technology. The article presents the essence and principles of module education, the essence of the rating assessment system, stages of the development and application of module-rating technology. Main components of the structure of teacher's activity have been analyzed in the article. The experience of implementing the module-rating technology into students' teaching in technical institution has also been described. The authors of the article have identified the main stages of the teacher's activity to develop and apply the module-rating technology for teaching mathematics; structural components have been developed for each stage; testing materials of module-rating teaching technology and the system for assessing students' academic results have been presented; criteria and levels of assessing students' academic results based on the individual cognitive needs and students' abilities have been developed for each module. The article also describes the experience of using module-rating teaching technology by the teachers of the Department of Mathematics of Irkutsk State Transport University and the comparative analysis of students' academic results in control and experimental groups has also been shown in the article. The results of the experiment have been presented at the end of the article.*

**Keywords:** pedagogical technology, module, module education, mathematics, rating, rating control system.

## Повышение эффективности производства пиломатериалов за счет их доработки

С.Х. Симонян<sup>a</sup>, С.Н. Трошкин<sup>b</sup>, А.В. Мазаник<sup>c</sup>, Н.П. Плотников<sup>d</sup>

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия  
<sup>a</sup>simonyan-simon@inbox.ru, <sup>b</sup>troshkin-sergei@list.ru, <sup>c</sup>a\_mazanik@mail.ru, <sup>d</sup>n-plotnikov@mail.ru  
Статья поступила 27.02.2014, принята 13.04.2014

*Эффективность производства пиломатериалов (п/м) оценивается показателями эффективности – использование сырья, сортный и объемный выход пиломатериалов и средний коэффициент сортности. Последний показатель оказывает существенное влияние на объем реализации продукции в денежном выражении. Кроме того, существенное влияние на формирование цены пиломатериалов оказывают транспортные расходы. Таким образом, снижение транспортных расходов и повышение средней цены реализации продукции позволит значительно повысить экономическую эффективность производства пиломатериалов. Одним из путей повышения коэффициента сортности пилопродукции является дополнительная доработка пиломатериалов после операции сушки. Технология конечной доработки пиломатериалов с целью повышения их сортности основана на удалении сортообразующих дефектов доски. Для этого проводится продольный или поперечный, либо комбинированный раскрой досок. В данной работе приводятся результаты исследований доработки пиломатериалов на качественные показатели готовой продукции. Для выполнения операции доработки пиломатериалов разработана технологическая схема участка раскроя. Основой участка являются прирезной станок и торцовочная установка. В качестве установки для поперечного раскроя рекомендуется использовать станки с автоматическим распознаванием места реза по маркировке, такие установки позволяют обеспечить высокую производительность с минимальными трудозатратами. В качестве станка для продольного раскроя необходимо использовать станок с плавающими пилами, оснащенный упорной линейкой.*

**Ключевые слова:** доработка, пиломатериалы, коэффициент сортности, эффективность производства, схема раскроя.

## Increasing the efficiency of saw timber production at the expense of its modification

S.H. Simonyan<sup>a</sup>, S.N. Troshkin<sup>b</sup>, A.V. Mazanik<sup>c</sup>, N.P. Plotnikov<sup>d</sup>

<sup>1</sup> Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia  
<sup>a</sup>simonyan-simon@inbox.ru, <sup>b</sup>troshkin-sergei@list.ru, <sup>c</sup>a\_mazanik@mail.ru, <sup>d</sup>n-plotnikov@mail.ru  
Received 27.02.2014, accepted 13.04.2014

*Efficiency of saw timber production is estimated by efficiency indicators such as raw materials use, graded and volume timber output, an average grade coefficient. An average grade coefficient has a great influence on the volume of realization of production. Besides, transportation costs also have a great impact on pricing of saw timber. Thus, decreasing transportation costs and increasing an average price of realization of production will allow to increase considerably economic efficiency of saw timber production. One of the ways of increasing saw timber grade coefficient is to modify additionally saw timber after drying. The technology of final modification of saw timber to increase its grade is based on removing defects of a board by resawing, cross cutting up, or combined cutting. Research results of saw timber modification on quality indicators of finished goods have been given in this article. The technological scheme of a cutting site has been developed to perform saw timber modification. Working machines with machine recognition of cutting site by its marking are recommended for cross cutting up because they provide high productivity with minimum labour input. To resaw the saw timber it is better to use working machines with floating saws and a sawmill length stop.*

**Keywords:** modification, saw timber, grade coefficient, production efficiency, cutting scheme.

## Совместное влияние температуры и влажности древесины сосны на энергоёмкость процесса поперечного пиления

И.В. Григорьев<sup>1а</sup>, Е.Г. Хитров<sup>1б</sup>, В.А. Иванов<sup>2с</sup>, В.И. Жданович<sup>2д</sup>, М.В. Дербин<sup>3е</sup>

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

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

<sup>3</sup>Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Набережная Северной Двины 17, Архангельск, Россия

<sup>а</sup>tlzp@inbox.ru, <sup>б</sup>yegorkhitrov@gmail.com, <sup>с</sup>ivanovva55@mail.ru, <sup>д</sup>ivanovamv1977@mail.ru, <sup>е</sup>lti@narfu.ru

Статья поступила 22.03.2014, принята 21.05.2014

*В статье приводятся результаты экспериментальных исследований взаимного влияния отрицательной температуры и влажности на удельную работу при пилении древесины сосны острой пильной цепью. Эксперименты выполнялись на специализированном стенде сравнительного испытания пильных цепей в лаборатории кафедры технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТУ. Для опытов использованы образцы древесины сосны размером 150x150x3000 мм с влажностью в диапазоне от 20 до 180 %, при температуре от 0 до -30 °С. Приводятся результаты статистической обработки опытных данных: модель для определения поправочного коэффициента для учета взаимного влияния отрицательной температуры и влажности при определении удельной работы, показатели вариативности коэффициентов полученной модели. Адекватность полученной модели экспериментальным данным подтверждена с использованием критерия Фишера ( $F_p = 1,24$ ). По результатам исследований установлен доверительный интервал изменения поправочного коэффициента ( $\pm 3$  %). Результаты исследований показали, что пренебрежение взаимным влиянием отрицательной температуры и влажности при расчете удельной работы резания при пилении древесины сосны приводит к получению заниженных (до 74 %) значений удельной работы. В заключение освещается перспектива дальнейших исследований энергоёмкости процесса поперечного пиления древесины.*

**Ключевые слова:** поперечное пиление, энергоёмкость, влажность, отрицательная температура, удельная работа резания.

## Joint influence of a temperature and humidity of a pine tree wood on energy-output ratio of a cross-cutting process

I. V. Grigoriev<sup>1а</sup>, E. G. Hitrov<sup>1б</sup>, V. A. Ivanov<sup>2с</sup>, V. I. Zhdanovich<sup>2д</sup>, M. V. Derbin<sup>3е</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University under name of S.M. Kirov, 5 Institutsky lane, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>3</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17 Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, Russia

<sup>а</sup>tlzp@inbox.ru, <sup>б</sup>yegorkhitrov@gmail.com, <sup>с</sup>ivanovva55@mail.ru, <sup>д</sup>ivanovamv1977@mail.ru, <sup>е</sup>lti@narfu.ru

Received 22.03.2014, accepted 21.05.2014

*The article presents results of experimental studies of mutual influence of negative temperature and humidity on the specific work when sawing pine with a sharp saw chain. The experiments were carried out on a dedicated stand "Comparative tests of chain saw" in the laboratory of Logging Technology SPbFTU named after SM Kirov. For the experiment, samples of pine wood 150x150x3000 mm size with a moisture range from 20 to 180 % at a temperature between 0 - 30 °C were used. Given are results of statistical processing of the experimental data: a model for determining the correction coefficient to account for the mutual influence of negative temperature and humidity when determining the specific work, indices of the variation coefficients of the given model. The adequacy of the model to experimental data obtained was confirmed using Fisher's exact test ( $F_p = 1,24$ ). According to the research, set confidence interval changes for the correction coefficient ( $\pm 3$  %). The results showed that the neglect of the mutual influence of negative temperature and humidity when calculating the specific work of sawing pine yields underestimated (up to 74%) values of the specific work. The conclusion highlights the prospect of further research of energy consumption of the process timber cross-sawing.*

**Keywords:** cross-sawing, energy consumption, humidity, negative temperature, cross-sawing specific work.

## Системный подход к анализу эффективности производства хлыстов на лесосеке комплексом машин и механизмов

С.М. Базаров<sup>1 a</sup>, В.А. Иванов<sup>2 b</sup>, А.Н. Соловьев<sup>1 c</sup>, М.В. Степанищева<sup>2 d</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия

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

<sup>a</sup>s.bazarow@yandex.ru, <sup>b</sup>ivanovva55@mail.ru, <sup>c</sup>esp.b.soloviev@mail.ru, <sup>d</sup>ivanovamv1977@mail.ru

Статья поступила 13.02.2014, принята 16.04.2014

*Формирование энергосберегающих комплексов машин и механизмов является одной из приоритетных задач в современных условиях устойчивого развития лесозаготовительного производства. В данной статье представлены результаты системно-синергетического исследования производства хлыстов на лесосеке комплексами машин и механизмов, наиболее востребованных в лесной отрасли. Проведенные исследования показали, что удельные технологические скорости механизированных машинных комплексов выше, чем у машинных, поэтому сочетание механизированных операций с машинными способствует решению задачи формирования энергосберегающих технологий производства хлыстов на лесосеке.*

**Ключевые слова:** мощность, производительность, технология, скорость, время.

## Systemic approach to effectiveness analysis of long-tailed timber production with teams of machines and mechanisms in the cutting area

S.M. Bazarov<sup>1 a</sup>, V.A. Ivanov<sup>2 b</sup>, A.N. Soloviev<sup>1 c</sup>, M.V. Stepanisheva<sup>2 d</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University under name of S.M. Kirov, 5 Institutsky lane, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University, 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>s.bazarow@yandex.ru, <sup>b</sup>ivanovva55@mail.ru, <sup>c</sup>esp.b.soloviev@mail.ru, <sup>d</sup>ivanovamv1977@mail.ru

Received 13.02.2014, accepted 16.04.2014

*Formation of complexes of energy-saving machinery and mechanisms is one of the priorities in the context of sustainable development of modern timber production. Thus, to optimize technological process, the main criterion of synergetic connectivity of systems is effective specific technological speed of long-tailed timber production. This article presents the results of a systemic-and-synergetic study of long-tailed timber production, with machines and mechanisms most sought-after in timber industry, on felling area. Studies have shown that the specific technological speeds of mechanized machine complexes are higher than of the machine ones, so the combination of mechanized operations with machine ones aids to solve the task of formation of energy-saving technologies for long-tailed timber production on felling area.*

**Keywords:** power, performance, technology, velocity, time.

# ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 630\*182.21

## Особенности влияния некоторых физических свойств почвы на формирование естественного возобновления леса

В.А. Савченкова<sup>a</sup>, Е.М. Рунова<sup>b</sup>

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

<sup>a</sup>sw1965@rambler.ru, <sup>b</sup>runova@rambler.ru

Статья поступила 10.02.2014, принята 18.04.2014

*В статье представлены результаты изучения плотности и пористости почв на вырубках и под пологом леса в наиболее распространенных типах леса Иркутской области. В статье прослеживается зависимость между типами леса, плотностью и породностью почвы и появляющимся подростом. Изменения в структуре почвы происходят под влиянием рубок насаждений с использованием тяжелой лесозаготовительной техники. Выявлено, что лесные насаждения с преобладанием темнохвойных пород и лиственницы формируются на более плотных по сложеню почвах (плотность почвы 1,13-1,63 г/см<sup>3</sup>), сосновые древостои – на более легких почвах (плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> и выше). При формировании древостоя часто наблюдались процессы лесных сукцессий, ведущие к смене хвойных пород на лиственные, при этом происходят уплотнение и заболачивание почвы. Отмечается воздействие лесных пожаров на физические свойства почвы и формирование подростка лиственницы. Однако данные результаты требуют проведения дополнительных исследований. В целом указанные в статье физические свойства почвы способствуют формированию среднепроизводительных древостоев 3 класса бонитета.*

**Ключевые слова:** исследование, физические свойства почвы, естественное возобновление, плотность почвы, пористость почвы.

## Influence of some soil physical properties on natural regeneration formation

V.A. Savchenkova<sup>a</sup>, E.M. Runova<sup>b</sup>

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>sw1965@rambler.ru, <sup>b</sup>runova@rambler.ru

Received 10.02.2014, accepted 18.04.2014

*Results of studying density and porosity of soils on cuttings down and under forest canopy in the most widespread forest types in Irkutsk region have been presented in the article. Dependence between forest types, its density and soil breed and the appearing subgrowth has been shown in the article. Changes in soil structure are caused by the influence of the cuttings down of the forest stands using heavy logging machinery. It has been revealed that forest stands with dark-coniferous and larch breeds are formed on denser soils (soil density is 1,13-1,63 g/cm<sup>3</sup>), pine forest stands are formed on easier soils (soil density is 1,4 and higher than a g/cm<sup>3</sup>). When forming forest stands, there were processes of the forest successions conducting to change of coniferous breeds on deciduous breeds, thus the processes of consolidation and soil bogging can be often observed. Impact of forest fires on soil physical properties and larch subgrowth formation has been noted. However, these results demand additional research to be carried out. As a whole, soil physical properties, specified in the article, promote the formation of average-productive forest stands of 3<sup>rd</sup> class according to the forest appraisal index.*

**Keywords:** research, soil physical properties, natural renewal, soil density, soil porosity.

## Пространственно-временной метод оценки экологической емкости территорий

Е.А. Мусихина<sup>a</sup>, И.И. Айзенберг<sup>b</sup>, О.С. Михайлова<sup>c</sup>

Иркутский государственный технический университет, Лермонтова 83, Иркутск, Россия

<sup>a</sup>[elena.science@yandex.ru](mailto:elena.science@yandex.ru), <sup>b</sup>[ilya.ayzenberg.73@mail.ru](mailto:ilya.ayzenberg.73@mail.ru), <sup>c</sup>[mikhaylova.istu@gmail.com](mailto:mikhaylova.istu@gmail.com)

Статья поступила 14.02.2014, принята 20.04.2014

*Разработка методов комплексной оценки экологической емкости территорий с целью прогнозирования изменения ее состояния под антропогенным воздействием и определение с эколого-экономических позиций безопасных уровней техногенных нагрузок – проблема, имеющая выраженную социально-экономическую направленность. В статье проанализирован инструментарий для исследования процессов жизнедеятельности и эволюционирования открытых самоорганизующихся систем. Предлагается применение методов системного анализа для оценки состояния природной среды. Ключевые понятия классического системного анализа ориентированы на изучение систем в статическом состоянии, при наблюдении за динамической системой четкость и ясность основных системных понятий исчезают. Открытые динамические системы могут характеризоваться множеством изменяющихся параметров, поэтому необходимо построить модель такой системы, характеризующую главные отношения, конструирующую систему как целое и определяющие ее суть. Авторами обосновывается метод, в котором для каждой точки поверхности земли можно построить векторное многомерное пространство состояний, определяющее состояние среды в рассматриваемый момент времени. Расчет предлагается производить, используя пространственно-временную методику определения границ антропогенного воздействия. Для принятия решения о дополнительной нагрузке на природную среду следует провести комплексный расчет эколого-экономического риска по авторской пространственно-временной методике. Подобные расчеты необходимы для адекватной оценки нагрузки на систему и прогнозирования состояний системы после приложения антропогенного воздействия. Применение авторской методики позволяет определить порог устойчивости системы (точку перехода количественных изменений в качественные), учитывая ее количественные и качественные характеристики.*

**Ключевые слова:** экологическая емкость территорий, самоорганизующиеся системы, моделирование природной среды, пространственно-временной метод.

## Space-time method for assessing the ecological territorial capacity

Е.А. Musikhina<sup>a</sup>, I.I. Aizenberg<sup>b</sup>, O.S. Mikhailova<sup>c</sup>

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, Russia

<sup>a</sup>[elena.science@yandex.ru](mailto:elena.science@yandex.ru), <sup>b</sup>[ilya.ayzenberg.73@mail.ru](mailto:ilya.ayzenberg.73@mail.ru), <sup>c</sup>[mikhaylova.istu@gmail.com](mailto:mikhaylova.istu@gmail.com)

Received 14.02.2014, accepted 20.04.2014

*The development of the methods for integrated assessment of the ecological territorial capacity to predict changes in its state under anthropogenic influence, and the identification with ecological and economic positions of safe levels of anthropogenic loads are problems of social and economic matters. The article analyzes tools for studying the processes of life and evolution of open self-organizing systems. The use of the methods of systemic analysis to assess the state of the environment has been proposed. Key concepts of the classical systemic analysis focus on the study of systems in a static state. By observing the dynamic system the clarity of the basic system concepts disappears. Open dynamic systems can be characterized by a variety of changing parameters, so it is necessary to build a model of the system, which can characterize the main relationships constructed the system as a whole and determined its essence. The authors have justified the method in which each point on the earth surface can have vector multivariate state space constructed. The space specifies the state of the environment at a given moment of time. It has been offered to make calculations using space-time method to determine the boundaries of human impact. To decide on the additional load on the environment, additional calculation of ecological and economic risk should be made on the author's space-time method. Such calculations are needed to adequately assess the load on the system and to predict the states of the system after the application of human impact. The use of the author's method allows to determine the stability threshold of the system (transition point of quantitative changes into qualitative changes), taking into account its qualitative and quantitative characteristics.*

**Keywords:** ecological territorial capacity, self-organizing systems, environmental modeling, space-time method.

## Теоретико-экспериментальные исследования гидрофильности хвои кедра сибирского

П.В. Бырдин

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

[byrdin\\_pavel@mail.ru](mailto:byrdin_pavel@mail.ru)

Статья поступила 10.03.2014, принята 15.05.2014

*С целью повышения качества обработки сеянцев хвойных пород жидкими препаратами в лесных питомниках и эффективности нанесения водных растворов химических препаратов на поверхность растения был разработан ряд устройств, принцип работы которых основан на предварительном нанесении на поверхность обрабатываемого сеянца веществ, способствующих увеличению молекулярного притяжения химического препарата к поверхности растения. В статье представлены результаты теоретических исследований процесса нанесения жидких препаратов на гетерогенную поверхность сеянцев, образованную свободной поверхностью растения и участками нанесенной воды. Также в статье описаны экспериментальные исследования, проведенные автором, целью которых являлось определение краевого угла смачивания свободной поверхности хвои кедра сибирского. Эксперименты проводились методом «лежащей капли», а краевой угол определялся графическим методом по полученным фотографиям. Полученные данные проходили статистическую обработку с целью выявления характера распределения. В результате обработки было установлено, что распределение краевого угла смачивания свободной поверхности хвои описывается нормальным законом, а среднее значение величины краевого угла составило 69°.*

**Ключевые слова:** сеянец, обработка, смачивание, гидрофильность, краевой угол, хвоя, кедр сибирский.

## Theoretical research and pilot studies of hydrophily of cedar Siberian needles

P.V. Byrdin

Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

[byrdin\\_pavel@mail.ru](mailto:byrdin_pavel@mail.ru)

Received 10.03.2014, accepted 15.05.2014

*In order to improve the quality of coniferous seedlings processing with liquids in forest nurseries and the efficiency of applying the aqueous solutions of chemicals on the plant surface some devices have been developed. Their work is based on pre-applying the substances, promoting to increase molecular attraction of the chemicals to the plant surface, on the surface of the seedlings treated. The results of theoretical research of the process of applying the liquids on the heterogeneous seedlings surface, formed by both free plant surface and water sites, have been presented in the article. The article also describes some pilot research conducted by the author in order to define a regional corner of wetting of free surface of cedar Siberian needles. Experiments were made with method of «a lying drop», and the regional corner was determined with graphic method based on the photos given. The obtained data were exposed statistical processing to detect distribution nature. As a result of processing it has been established that distribution of a regional corner of wetting of free surface of needles is described by normal law, and average value of the size of regional corner is 69°.*

**Keywords:** seedling, processing, wetting, hydrophily, regional corner, needles, cedar Siberian.

## Некоторые особенности всхожести семян сосны обыкновенной с плюсовых насаждений Иркутской области

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

Братский государственный университет, Макаренко 40, Братск, Россия

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

Статья поступила 12.03.2014, принята 20.04.2014

*Приводятся результаты испытаний семян с плантационных древостоев, заложенных в Иркутской области. Всего заложено и аттестовано 24 участка плюсовых древостоев, расположенных в различных частях области. На базе маточного материала этих плюсовых деревьев заложена клоновая лесосеменная плантация (ЛСП) первого порядка, с которой получают семена с улучшенными свойствами. Для первичного анализа эффективности плюсовой селекции в данной работе было проведено сравнение семян с улучшенными свойствами и обычных семян от деревьев первой категории по таким показателям, как всхожесть и энергия прорастания. Были взяты пять проб по 100 штук: 1) и 2) – семена с улучшенными свойствами урожая 2013 г.; 3) – семена деревьев 1 категории урожая 2013 г.; 4) – семена деревьев 1 категории урожая 2008 г.; 5) – семена деревьев 1 категории урожая 2009 г. Средняя всхожесть семян плюсовых деревьев по двум пробам составила 93,5 % (отклонение между результатами, 3 %, соответствует ГОСТ 13056.6-97), что на 4,5 % хуже, чем у семян деревьев 1 категории. Энергия прорастания у плюсовых деревьев почти на 10 % меньше, чем у семян деревьев 1 категории (65,5 % и 75 % соответственно). Данные исследования подтверждают, что семена, полученные от клонов плюсовых деревьев, обладают худшими показателями всхожести и энергии прорастания по сравнению с семенами, полученными от деревьев 1 категории урожая 2013 года. Но стоит отметить, что для получения более объективных результатов анализа необходимо изучить большее количество семян, а также, по возможности, создать одинаковые условия хранения. Лишь при соблюдении этих требований можно будет судить о разнице в качестве посевного материала, получаемого от клонов плюсовых деревьев и от нормальных деревьев 1 категории.*

**Ключевые слова:** лесосеменная плантация, плюсовые деревья, всхожесть семян, энергия прорастания.

## Some features of germinating power of Scots pine seeds from plus stands of Irkutsk region

E.M. Runova<sup>a</sup>, M.V. Danishek<sup>b</sup>, S.A. Schzan<sup>c</sup>, O.A. Puzanova<sup>d</sup>

Bratsk State University, 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

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

Received 12.03.2014, accepted 20.04.2014

*The results of the tests of the seeds from the planted forest stands of Irkutsk region have been presented in the article. In total, 24 sites of the plus forest stands located in various parts of the region were planted and certified. On the basis of foundation material of these plus trees the clonal forest seed plantation (CFSP) were planted. The CFSP is of the first order and allows to get the seeds with better properties. To analyze primarily the efficiency of plus selection, the comparison of seeds with the properties improved and usual seeds from the first category trees has been carried out on such indicators as germinating power and germinating energy. 5 samples on 100 pieces each were taken: 1) and 2) – seeds with the properties improved, the crop of 2013; 3) – seeds of the first category trees, the crop of 2013; 4) – seeds of the first category trees, the crop of 2008; 5) – seeds of the first category trees, the crop of 2009. Average germinating power of the seeds of plus trees on two tests has been 93.5% (the deviation between results is 3% and corresponds to all-Union State Standard 13056.6-97). That is 4.5% worse than the results of the seeds of the first category trees. Germinating energy for the plus trees is nearly 10% less than for the seeds of the first category trees (65.5 and 75%, respectively). On the basis of the data obtained, it has followed that the seeds received from the clones of the plus trees, possess the worst indicators of germinating power and germinating energy in comparison with the seeds received from the first category trees of the crop of 2013. However, it should be emphasized that to receive more objective results of the analysis it is necessary to study bigger quantity of the seeds and also, whether it is possible, to create identical storage conditions. Only when meeting the requirements, it will be possible to see the difference between the quality of the seed material received from the clones of the plus trees and from the first category trees.*

**Keywords:** forest seed plantation, plus trees, seed germinating power, seed germinating energy.

## Исследование модуля деформации лесной почвы в сосновых древостоях с учетом действия боковых корней

В.Е. Бобжов<sup>1 a</sup>, А.В. Калистратов<sup>1 b</sup>, М.В. Степанисева<sup>2 c</sup>

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

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

<sup>a</sup>geo-lta@mail.ru, <sup>b</sup>vtl-lta@mail.ru, <sup>c</sup>ivanovva55@mail.ru

Статья получена 20.03.2014, принята 20.04.2014

*В статье представлены результаты лабораторных опытов по определению модуля деформации образцов лесного почвогрунта, пронизанного боковыми корнями сосны обыкновенной. Образцы для исследований получали методом режущего кольца из монолитов размером 10x10x20 см, взятых с лесопокрытых участков Ленинградской области. Отбирали монолиты с различной влажностью в диапазоне от 10 до 50 %. Вначале определяли модуль деформации каждого образца почвы по стандартной методике ГОСТ, затем весовым методом определяли влажность образца, и далее – массу сухих корней в образце. После, по справочным данным о массе корней на гектаре лесопокрытой площади, в зависимости от бонитета насаждений проводили оценку модуля деформации лесного почвогрунта. По результатам исследований определен доверительный интервал изменения модуля деформации почвогрунта с учетом действия корневой системы и предложено уравнение для приближенной оценки модуля деформации почвогрунта в одновозрастных полных насаждениях сосны различного бонитета (возраст 120 лет) в зависимости от его влажности.*

**Ключевые слова:** корневая система, модуль деформации, влажность.

## Study of the modulus of forest soil deformation for pine stands by taking the lateral roots influence into account

V.E. Bobzhov<sup>1 a</sup>, A.V. Kalistratov<sup>1 b</sup>, M.V. Stepanisheva<sup>2 c</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University under name of S.M. Kirov, 5 Institutsky lane, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>geo-lta@mail.ru, <sup>b</sup>vtl-lta@mail.ru, <sup>c</sup>ivanovva55@mail.ru

Received 20.03.2014, accepted 20.4.2014

*The article presents the results of laboratory experiments to determine the modulus of deformation of samples of forest soils penetrated by lateral roots of Scots pine. The test samples were taken from monoliths and had sizes 10x10x20 cm, forest areas were Leningrad region. The monoliths were of various humidity, ranging from 10 to 50 %. Initially, deformation modulus of each soil sample has been determined by the standard method of All-Union State Standards, then moisture content has been determined gravimetrically and then the mass of dry roots in a sample has also been found. After that, by the reference data on the mass of roots per hectare of forest-covered area (depending on the site quality stands), the modulus of forest soil deformation has been evaluated. According to the research, changes of the confidence interval of the modulus of forest soil deformation have also been determined by taking the influence of the root system into account. Also an equation for an approximate estimate of the modulus of forest soil deformation in stands of pine for different site class (120 years old) depending on the humidity has been presented.*

**Keywords:** root system, modulus of deformation, humidity.

## Исследование коэффициента фильтрации лесной почвы (случай дерново-подзолистой почвы)

А.В. Калистратов<sup>1 a</sup>, В.А. Иванов<sup>2 b</sup>, Р.К. Коротков<sup>2 c</sup>, Е.Г. Хитров<sup>1 d</sup>, Г.В. Григорьев<sup>1 e</sup>

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

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

<sup>a</sup>vtl-lta@mail.ru, <sup>b</sup>ivanovva55@mail.ru, <sup>c</sup>ivanovamv1977@mail.ru, <sup>d</sup>yegorkhitrov@gmail.com, <sup>e</sup>vtl-lta@mail.ru

Статья получена 15.04.2014, принята 21.05.2014

*В статье приводятся результаты лабораторных исследований зависимости коэффициента фильтрации лесной дерново-подзолистой почвы в зависимости от ее плотности. Исследования выполнены в лаборатории кафедры технологии лесозаготовительных производств совместно с кафедрой сухопутного транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова на ста образцах почвы, отобранной летом 2013 года с лесосеки ООО «Кириши-Леспром» в Ленинградской области. Опыты проводились по стандартной методике, регламентированной государственным стандартом РФ. По результатам обработки опытных данных получена зависимость для определения коэффициента фильтрации лесной почвы при изменении ее плотности, а также установлены доверительные границы изменения значения исследуемой величины (коэффициента фильтрации).*

**Ключевые слова:** лесная почва, коэффициент фильтрации, плотность.

## Studies of filtration coefficient of sod-podzolic forest soils

A.V. Kalistratov<sup>1 a</sup>, V.A. Ivanov<sup>2 b</sup>, R.K. Korotkov<sup>2 c</sup>, E.G. Hitrov<sup>1 d</sup>, G.V. Grigoriev<sup>1 e</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry Engineering University under name of S.M. Kirov, 5 Institutsky lane, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Bratsk State University, 40 Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>vtl-lta@mail.ru, <sup>b</sup>ivanovva55@mail.ru, <sup>c</sup>ivanovamv1977@mail.ru, <sup>d</sup>yegorkhitrov@gmail.com, <sup>e</sup>vtl-lta@mail.ru

Received 15.04.2014, accepted 21.05.2014

*The article presents the results of laboratory studies of filtration coefficient of sod-podzolic forest soils, depending on its density. The studies have been performed in the laboratory of the Department of Timber Production Technology together with the Department of Forest Land Transport of Saint-Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov. The studies have been carried out on hundred samples of soil, selected from the felling of LLC «Kirishi-Lеспrom» in Leningrad Region in summer, 2013. Experiments have been carried out with the use of standard procedures, regulated by state standard of Russian Federation. The results of processing of experimental data have revealed the dependence for determining filtration coefficient of forest soil under changing its density and have shown trust boundaries of changing the variable under study (filtration coefficient).*

**Keywords:** forest soil, filtration coefficient, density.

