

стенками на достаточно большом расстоянии. Такое редкое расположение частиц серебра объясняет низкий уровень сигнала ГКР в этой области: нет «горячих точек».

С увеличением времени осаждения до 120 минут в результате роста размеров агломератов серебра происходит смыкание их границ с образованием цилиндрических и сферических частиц соединенных между собой. В этот момент времени наблюдается первый пик на спектрах ГКР. Далее силы межатомного взаимодействия внутри частицы возрастают настолько, что позволяют ей отделиться от соседних агломератов и в некоторой степени от подложки. Формируется кристалл с четкими гранями. В это время происходит спад интенсивности сигнала ГКР. На вновь открытую поверхность ПК начинают осаждаться атомы серебра, формируя вторичные частицы, размер которых в несколько раз меньше первичных. В этот момент фиксируется максимальный уровень сигнала на спектрах ГКР - второй пик.

Важной характеристикой ГКР-активных субстратов является предел детектирования, представляющий собой минимальную концентрацию исследуемого соединения, которая может быть зарегистрирована с помощью данного метода.

Для определения предела детектирования проведена серия экспериментов с ГКР-активными субстратами, на которые в течение 2 часов адсорбировались молекулы медного порфирина (CuTMPyP4) из растворов с различной концентрацией этого аналита. Растворы готовились путем последовательного разбавления, начиная с исходного наиболее концентрированного раствора (1×10^{-6} М). Предел детектирования ГКР-субстратов на основе нанокмозитов серебро/ПК, составил 10^{-11} М аналита, что сравнимо с лучшими результатами для твердых ГКР подложек, представленными в литературе.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были разработаны и изучены ГКР-активные субстраты на основе посеребренного пористого кремния. Использование пористого кремния в качестве подложек для нанесения металлов из растворов для приготовления ГКР-активных субстратов позволило обеспечить достаточно высокую чувствительность аналитического метода ГКР, сравнимую с чувствительностью известных субстратов. Обнаружено, что пористая формообразующая структура ПК придала поверхности осаждаемого металла морфологию и размеры шероховатостей, необходимые для обеспечения высокого фактора усиления ГКР.

Исследованы закономерности роста островковых пленок серебра на ПК. Изучено влияние морфологии пористого кремния на осаждение серебра. Выявлено, что мезопористый кремний позволяет получать на поверхности слой серебра с наноразмерными шероховатостями.

Разработана методика получения нанокмозитных структур серебро/пористый кремний. Определено влияние концентрации нитрата серебра в растворе, температуры раствора для осаждения, а также время осаждения серебра на ПК. Были исследованы спектры гигантского комбинационного рассеяния на примере медного порфирина (CuTMPyP4). Выявлены зависимости интенсивности сигнала ГКР от условий осаждения серебра на пористый кремний. Определено, что максимальное усиление достигается при концентрации нитрата серебра в растворе 3 мМ, а также при повышенной температуре (40°C).

Литература

1. *Aroca, R. Surface-Enhanced Vibrational Spectroscopy // Chichester: J. Wiley, 2006. P. 233*
2. *Panarin, A.Yu., Terekhov, S.N., Kholostov, K.I., Bondarenko, V.P. SERS-active substrates based on n-type porous silicon // Applied Surface Science. 2010. V. 256. P. 6969-6976.*
3. *Panarin, A.Yu., Chirvony, V.S., Kholostov, K.I., Turpin, P.Y., Terekhov, S.N. Formation of sers-active silver structures on the surface of mesoporous silicon // Journal of Applied Spectroscopy. 2009. V. 76. № 2. P. 280-287*

©ПГУ

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СОЛОМЕННЫХ И КОСТРОСОЛОМЕННЫХ ПЛИТ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.В. БАЛЫШ, А.А. БАКАТОВИЧ

Heat engineering parameters of boon-straw and straw slabs have been analyzed. The dependence of the change in the coefficient of insulating materials thermal conductivity on the outside temperature has been found out. The changes of the material humidity have been defined by the thickness of the heat insulation material

Ключевые слова: отходы растительные, стекло жидкое натриевое, плита теплоизоляционная, теплопроводности коэффициент.

Для изготовления теплоизоляционных материалов на основе растительного сырья различными исследователями предлагается использовать солому, костру, лузгу, стебли хлопчатника, конопли и т. д. [1 – 4].

На территории Беларуси в большом количестве образуются растительные отходы сельскохозяйственного производства в виде соломы злаковых культур и костры льна. Солома в рулонах или тюках с полей доставляется на животноводческие фермы, где складывается в скирдах и используется в основном для подстилки скоту. Как правило, часть неиспользованной соломы просто сгнивает в скирдах.

Костра образуется при получении волокна из стеблей льна. Так, только на территории Витебской области ежегодно образуется порядка 25 тыс. тонн костры. Около 90 % костры используется как местный вид топлива для котельных в первую очередь на самих льнозаводах. В результате проведенного анализа сложившейся ситуации можно говорить о том, что существующие технологии утилизации растительных отходов являются крайне нерациональными и требуют серьезных научных подходов по их использованию с большей пользой для жизнедеятельности человека. На наш взгляд, с учетом конъюнктуры на рынке теплоизоляционных материалов, получение экологически безопасного утеплителя с высокими теплотехническими характеристиками на основе соломы и костры льна является весьма перспективным решением.

В настоящее время в Полоцком государственном университете проводятся исследования свойств теплоизоляционных материалов на основе рубленой соломы и костры льна, в качестве неорганического связующего используется натриевое жидкое стекло. Получены теплоизоляционные плиты на основе соломы и на основе смеси соломы и костры льна. Средняя плотность плит на основе соломы составляет 215 - 233 кг/м³, прочность на сжатие равна 0,31 – 0,36 МПа, а прочность на изгиб – 0,75 - 0,79 МПа, коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,056 – 0,062 Вт/ м².°С. Для костросоломенных плит средняя плотность равна 240 – 260 кг/м³, прочность на сжатие составляет 0,65 – 0,83 МПа, прочность на изгиб равна 1,0 – 1,2 МПа, коэффициент теплопроводности в сухом состоянии 0,046 – 0,049 Вт/м².°С.

После установления основных физико-механических характеристик соломенных и костросоломенных образцов, выполнялись исследования теплотехнических параметров теплоизоляционных материалов на основе рубленой соломы и смеси рубленой соломы с кострой льна. В условиях переменных тепловых воздействий определяли изменение температуры по сечению образцов и плотности тепловых потоков. Размеры экспериментальных плит утеплителя приняты из условия заполнения проема между теплым и холодным отделением климатической камеры и составляют 300 × 400 мм при толщине образцов 100 мм. Средняя плотность материала на основе рубленой соломы в сухом состоянии равна 220 кг/м³, а материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна – 250 кг/м³.

Перед проведением испытаний образцы находились в климатической камере в течение трех недель при заданных условиях (таблица 1).

Из приведенных в таблице условий, следует, что образцы 3, 4 к началу проведения эксперимента имели большую влажность по сравнению с образцами 1, 2.

Во время испытаний в теплом отделении климатической камеры поддерживались расчетные параметры для жилого здания: температура воздуха $t_b = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительная влажность воздуха $\phi = 50 - 60 \%$ [5].

В холодном отделении климатической камеры температура воздуха t_n изменялась во времени в следующей последовательности:

1. $t_n = 10 \text{ }^\circ\text{C}$; 2. $t_n = 5 \text{ }^\circ\text{C}$; 3. $t_n = 0 \text{ }^\circ\text{C}$; 4. $t_n = -5 \text{ }^\circ\text{C}$; 5. $t_n = -10 \text{ }^\circ\text{C}$; 6. $t_n = -15 \text{ }^\circ\text{C}$; 7. $t_n = -20 \text{ }^\circ\text{C}$.

При каждом значении температуры t_n образцы выдерживались по 120 часов. После 3-х недельного нахождения образцов в камере, в качестве начального распределения температур, принято стационарное состояние в исследуемой области соответствующее $t_n = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_b = 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Для определения значения температур по сечению образца, теплоизоляционная плита разделена на 4 зоны шириной 25 мм каждая. Величины температур и плотностей тепловых потоков фиксировались информационно-измерительным комплексом РТП-1-16Т через каждые 1,5 минуты.

Таблица 1 – Начальные параметры температуровлажностного режима образцов

№ образца	Состав наполнителя	Температура воздуха в отделениях климатической камеры, °С	Влажность воздуха в климатической камере, φ %	
			теплое отделение	холодное отделение
1	солома	18	50 - 60	50 - 60
2	смесь соломы и костры льна	18	50 - 60	50 - 60
3	солома	18	50 - 60	90 - 95
4	смесь соломы и костры льна	18	50 - 60	90 - 95

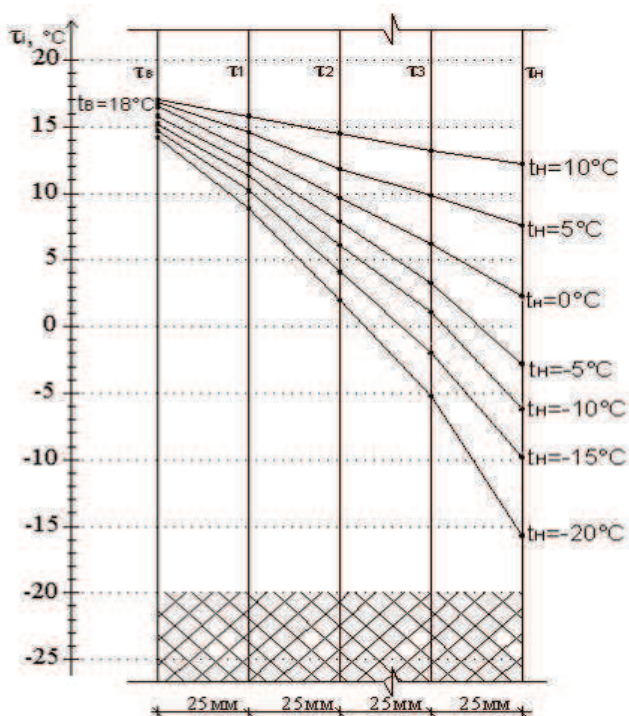


Рис. 1 – Распределение температур по толщине теплоизоляционного материала на основе рубленой соломы (образец 1)

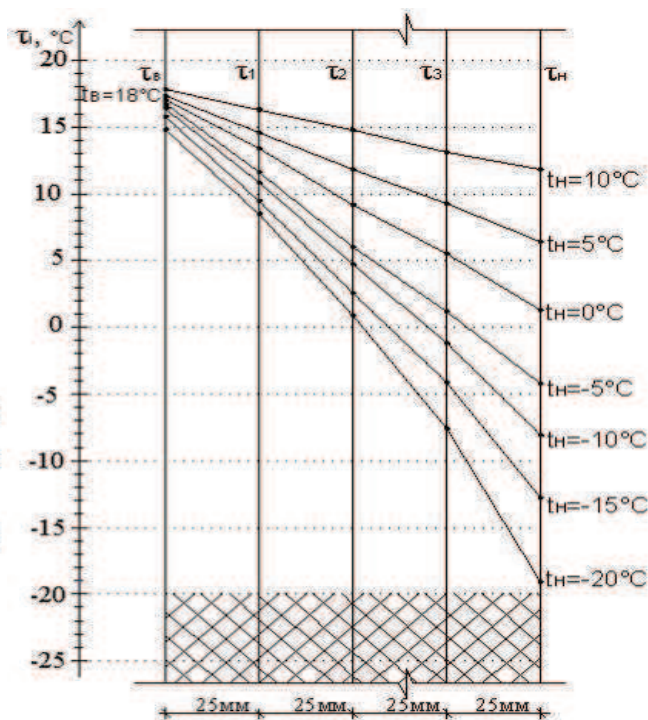


Рис. 2 – Распределение температур по толщине теплоизоляционного материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна (образец 2)

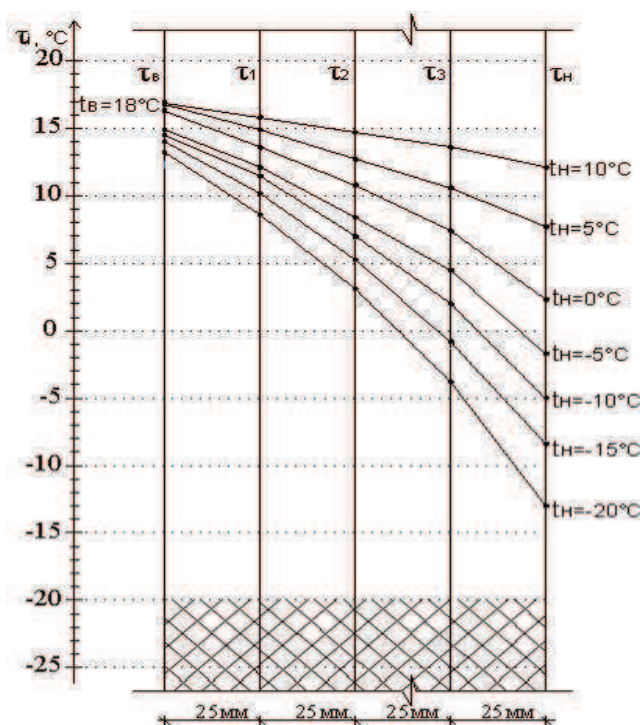


Рис. 3 – Распределение температур по толщине теплоизоляционного материала на основе рубленой соломы (образец 3)

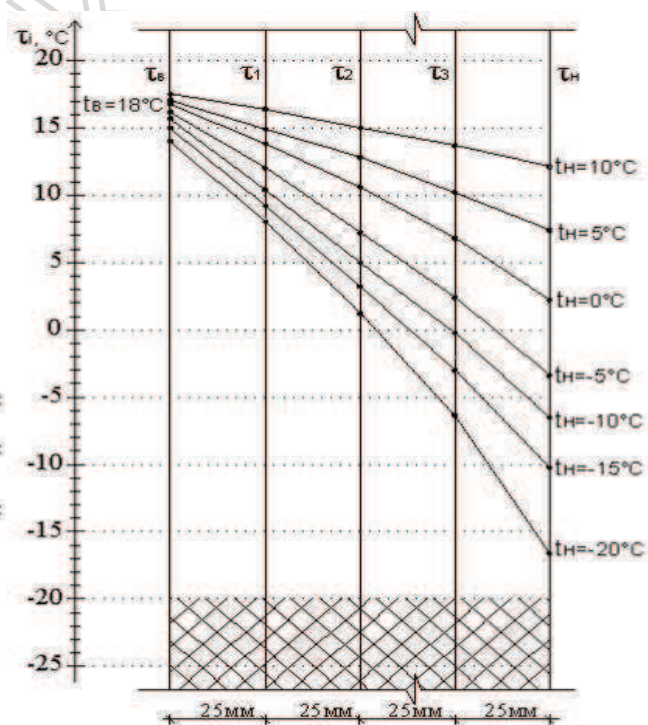


Рис. 4 – Распределение температур по толщине теплоизоляционного материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна (образец 4)

На основании данных исследования получены распределения температур по толщине образцов в виде линий падения температур (рисунки 1 – 4).

Используя полученные зависимости, определены коэффициенты теплопроводности и термические сопротивления теплопередаче образцов при заданных значениях температур наружного воздуха. Результаты экспериментальных и расчетных данных представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Теплотехнические характеристики материалов по данным исследования

Температура наружного воздуха, °С	Плотность теплового потока q , Вт/м ²				Термическое сопротивление теплопередаче R , м ² ·°С/Вт				Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м ² ·°С			
	образец 1	образец 2	образец 3	образец 4	образец 1	образец 2	образец 3	образец 4	образец 1	образец 2	образец 3	образец 4
+10	5,56	5,71	6,2	6,05	0,9	1,05	0,769	0,893	0,111	0,095	0,13	0,112
+5	11,3	8,87	11,56	10,37	0,917	1,23	0,787	0,935	0,109	0,081	0,127	0,107
0	14,6	12,4	15,1	14,6	0,971	1,27	0,826	1,0	0,103	0,079	0,121	0,1
-5	18,6	16,2	19,6	18,03	1,0	1,29	0,847	1,087	0,1	0,077	0,118	0,092
-10	20,11	16,9	22,23	19,1	1,064	1,45	0,877	1,163	0,094	0,069	0,114	0,086
-15	21,57	17,99	24,64	19,9	1,136	1,59	0,909	1,266	0,088	0,063	0,110	0,079
-20	23,92	19,7	27,52	22,17	1,25	1,72	0,952	1,38	0,08	0,058	0,105	0,072

Анализ полученных результатов показывает, что с уменьшением температуры воздуха в холодном отделении камеры плотность теплового потока и термическое сопротивление теплопередаче увеличивается, а коэффициент теплопроводности материала уменьшается.

Эффективность теплоизоляционного материала по термическому сопротивлению теплопередаче образца 2 по сравнению с образцом 1 составляет 27 % при температуре $t_n = -20$ °С, а образца 4 по сравнению с образцом 3 равна 31 % при той же температуре воздуха.

Плотность теплового потока образца 2 на 21 % меньше показателя образца 1, а образца 4 меньше значения образца 3 на 24 % при температуре воздуха $t_n = -20$ °С в холодном отделении камеры.

При сравнении одинаковых по составу образцов, видно, что у материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна значение плотности теплового потока образца 4 больше показателя образца 2 на 11 %, а у материала на основе рубленой соломы величина плотности теплового потока образца 3 превышает показатель образца 1 на 13 %.

Коэффициент теплопроводности образца 1 уменьшается с понижением температуры на 39 %, а образца 2 на 64 %. Для образцов 3 и 4 значения величин теплопроводности уменьшаются на 24 % и на 56 % соответственно.

Сопоставляя показатели теплопроводности материалов на основе соломы, можно сделать вывод, что при температуре воздуха $t_n = 10$ °С коэффициент теплопроводности образца 3 превышает значение теплопроводности образца 1 на 15 %, а при $t_n = -20$ °С на 24 %. Для материалов на основе смеси соломы и костры льна прослеживается аналогичная зависимость, но с меньшей интенсивностью. Так, коэффициент теплопроводности образца 4 увеличивается на 15 % относительно значения образца 2 при $t_n = 10$ °С и на 19 % при минимальной температуре $t_n = -20$ °С.

При максимальной положительной температуре воздуха в холодном отделении камеры $t_n = 10$ °С теплопроводность образца 2 на 17 % оказалась меньше теплопроводности образца 1 и на 38 % ниже при максимальной отрицательной температуре $t_n = -20$ °С. Для более влажных материалов коэффициент теплопроводности образца 4 меньше показателя образца 3 на 16 % и на 46 % при таких же значениях температуры соответственно.

По окончании проведения эксперимента в климатической камере, определены значения влажности образцов в соответствии с [6]. Изменение влажности по толщине материала представлено на рисунке 5. Показатели влажности при толщине 100 мм соответствуют поверхностям образцов со стороны теплого отделения камеры.

Из полученных зависимостей следует, что среднее значение влажности образца 1 на основе соломы составляет 19,1 % и превышает на 20 % показатель влажности образца 2 на основе смеси соломы и костры льна равный 15,2 %.

Для теплоизоляционных материалов второго этапа исследований средняя влажность образца 3 равна 24,8 %, что на 26 % больше значения влажности образца 4 равного 18,7 %.

При сравнении одинаковых по составу материалов, установлено, что показатель средней влажности образца 1 на 30 % меньше показателя образца 3, а значение средней влажности образца 2 уменьшается на 23 % по отношению к величине влажности образца 4.

Со стороны теплого отделения камеры наблюдается увеличение влажности образцов 1 и 3 относительно показателей влажности образцов 2 и 4 на 23 % и на 28 % соответственно.

Аналогичная зависимость прослеживается и со стороны холодного отделения камеры. Превышение значений влажности образцов 1 и 3 над величинами влажности образцов 2 и 4 составляет 19 % и 23 % соответственно.

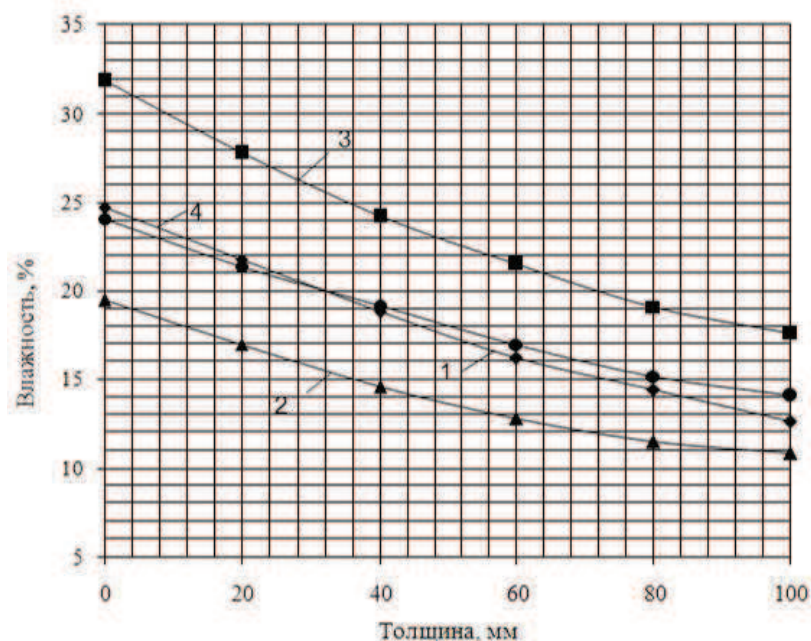


Рис. 5 – Распределение влажности по толщине теплоизоляционного материала после испытаний в климатической камере: 1 – Материал на основе рубленой соломы (образец 1), 2 – материал на основе смеси рубленой соломы и костры льна (образец 2), 3 – материал на основе рубленой соломы (образец 3), 4 – материал на основе смеси рубленой соломы и костры льна (образец 4)

Основываясь на полученных теплофизических показателях, установлено, что наиболее эффективно экспериментальные теплоизоляционные материалы работают при температурах ниже -5°C .

В условиях повышенной влажности воздуха теплоизоляционный материал на основе смеси соломы и костры льна обладает более высокими теплотехническими характеристиками по сравнению с утеплителем из соломы.

Результаты испытаний в климатической камере дают возможность предположить, что теплоизоляционный материал из соломы и костры льна с учетом экологической чистоты компонентов и слабой горючести, может составить серьезную конкуренцию широко распространенным материалам из пенополистирола и минеральной ваты.

Литература

1. Лукутцова Н.П. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.23.05 / Лукутцова Наталья Петровна. – Белгород, 2005. – 42 с.
2. Смирнова, О.Е. Теплоизоляционные материалы на основе костры льна: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / О.Е. Смирнова; Новосибирский гос. архит.-строит. ун-т. – Новосибирск, 2007. – 18 с.
3. Щибря, А.Ю. Эффективный теплоизоляционный материал из поризованного арболита на рисовой лузге: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 / А.Ю. Щибря; Кубанский гос. технологический ун-т. – Ростов-на-Дону, 2000. – 21 с.
4. Солдатов, Д.А. Теплоизоляционные материалы на основе растительного сырья и органоминеральных поризованных связующих: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 / Д.А. Солдатов. – Казань, 2000. – 18 с.
5. Строительная теплотехника: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Взамен СНБ 2.04.01-97; – Введ. 29.12.2006. – Минск.: Минстройархитектуры, 2007. – 35 с.
6. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний: ГОСТ 17177-94. – Введ. 22.08.1995. – Минск: Минстройархитектуры, 1996. – 56 с.

©БНТУ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ

Н.О. БАЛЫШЕВА, А.В. ХВАТ, А.М. АВСИЕВИЧ, С.А. ПРОНКЕВИЧ

The mathematical apparatus and computer program for calculating stress distribution over the surface of the rotational kinematics pairs are described. Also article discusses the API use for projects development in SolidWorks

Ключевые слова: динамический анализ, напряжения, макрос

Современный этап развития техники и технологии характеризуется быстрым устареванием существующих и постоянным появлением новых, более совершенных конструкторских и технологических инженерных решений. Это обеспечивается в первую очередь развитием программных средств компьютерного проектирования, а именно разработкой новых компьютерных программ и совершенствованием возможностей существующих программных средств.