

воспитательной работе, деканов факультетов и их заместителей, а также сотрудников других подразделений университета. Возможна будет также организация опросов администрацией университета среди студентов по наиболее интересующим их вопросам.

Студенты различных факультетов смогут добавлять друг друга в друзья. Обмениваться информацией как между собой, так и с преподавателями (отправлять друг другу сообщения, документы, изображения).

В основе разработки персонализированного рабочего пространства используется система управления содержимым с открытым исходным кодом, созданная на языке PHP. Данный проект реализован с применением ООП и построен по принципу архитектуры Model-View-Controller, что позволяет применяться его в качестве PHP фреймворка.

УДК 625.539.3

студ. В.О. Берников

Науч. рук. доц. А.П. Лащенко

(кафедра информатики и веб дизайна, БГТУ)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЁСТКОГО ТИПА С УЧЁТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

Для реализации алгоритма по определению деформаций дорожных одежд нежесткого типа с учётом реологических свойств дорожно-строительных материалов использовалась технология windows forms и язык программирования C#. На основании литературных источников было установлено, что для материалов, используемых в дорожном строительстве, с достаточной точностью для практических целей, может быть принята следующая зависимость (1):

$$En \frac{d\varepsilon}{dt} + H\varepsilon = n \frac{d\sigma}{dt} + \sigma, \quad (1)$$

где  $E$  – мгновенный модуль упругости,  $H$  – длительный модуль упругости,  $n$  – коэффициент времени релаксации, зависящий от упруго-вязких свойств материала и вида нагружения,  $\sigma$  – напряжение,  $\varepsilon$  – деформация.

Расчетной математической моделью дорожной одежды и земляного полотна может служить многослойное квазистатическое упруго-вязкое полупространство, на поверхность которого действует нагрузка, равномерно распределенная по площади круга. Каждый  $i$ -

слой характеризуется пятью параметрами:  $E_i$ ,  $H_i$ ,  $n_i$ , коэффициентом Пуассона  $\mu_i$  и толщиной  $h_i$ .

В пределах каждого слоя искомая функция  $\varphi_i(r, z)$  непрерывна и для любого  $i$ -го слоя может быть представлена аналитической зависимостью (2) вида:

$$\varphi_i(r, z) = \int_0^\infty \{ A + B[\alpha(\eta - 1) + 2\mu_i] + \sum_{k=2}^\infty [C_k[(1 - 2\mu_i)(1 - e^{-2\lambda_k}) + \lambda_k(1 + e^{-2\lambda_k})] + D_k[2\mu_i(1 + e^{-2\lambda_k}) - \lambda_k(1 - e^{-2\lambda_k})]] \} e^{-\alpha\eta} J_0(\rho\alpha) d\alpha, \quad (2)$$

где  $\eta = z/h$ ;  $\rho = r/h$ ;  $\gamma_i = h_i/h$ ;  $\lambda_k = (h_{k-1} - z)/h$ ;  $h_i$  – суммарная толщина слоев, лежащих выше  $i$ -го,  $J_0(\rho\alpha)$  – функция Бесселя первого рода нулевого порядка. Коэффициенты  $A$ ,  $B$ ,  $C_k$ ,  $D_k$ , входящие в (3) представляют собой неопределенные функции, зависящие от нагрузки, параметра  $\alpha$  и времени действия нагрузки. Для определения данных функций используются следующие граничные условия:

$$\begin{cases} (a_1 - a_2)A - [a_1(1 - 2\mu_1) - a_2(1 - 2\mu_2)]B - 4a_2(1 - \mu_2)C = 0 \\ (a_1 - a_2)A + [2(1 - \mu_1)a_1 - 2(1 - \mu_2)]B - 4a_2(1 - \mu_2)D = 0 \\ A + (1 - \alpha)B + \alpha a_3 C + (a_3 - \alpha a_4)D = -P\beta h^3 \alpha^{-3} J_1(\beta\alpha) \\ A - \alpha B + (a_3 + \alpha a_4)C - \alpha a_3 D = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Найденные коэффициенты были подставлены в (4) для нахождения просадки дорожной одежды:

$$\begin{aligned} w_i = & -\frac{1 + \mu_i}{E_i h^2} \int_0^\infty \{ A + B(2 + 2\mu_i - \eta) + \sum_{k=2}^\infty \{ C_k[(1 - 2\mu_i)(1 - e^{-2\lambda_k}) - \lambda_k(1 + e^{-2\lambda_k}) - D_k[2(1 - 2\mu_i) \times \\ & \times (1 + e^{-2\lambda_k}) - \lambda_k(1 - e^{-2\lambda_k})]] \} \} \alpha^2 e^{-\alpha\eta} J_0(\rho\alpha) d\alpha \\ & - \frac{(1 + \mu_i)(E_i - H_i)}{E_i^2 h^2 n_i} \int_0^i \int_0^\infty \{ A + B(2 + 2\mu_i - \eta) \\ & + \sum_{k=2}^\infty \{ C_k[(1 - 2\mu_i)(1 - e^{-2\lambda_k}) - \lambda_k(1 + e^{-2\lambda_k})] \\ & - D_k[2(1 - \mu_i)(1 + e^{-2\lambda_k}) - \lambda_k(1 - e^{-2\lambda_k})] \} \} \\ & \times \alpha^2 e^{-\frac{H_i(t-\tau)}{E_i n_i} - \alpha\eta} J_0(\rho\alpha) d\alpha d\tau \end{aligned} \quad (4)$$

Была выполнена визуализация зависимостей просадки дорожной одежды от скорости груженого автопоезда (рис.1) и времени действия нагрузки (рис. 2) соответственно при помощи библиотеки ZedGraph.dll.

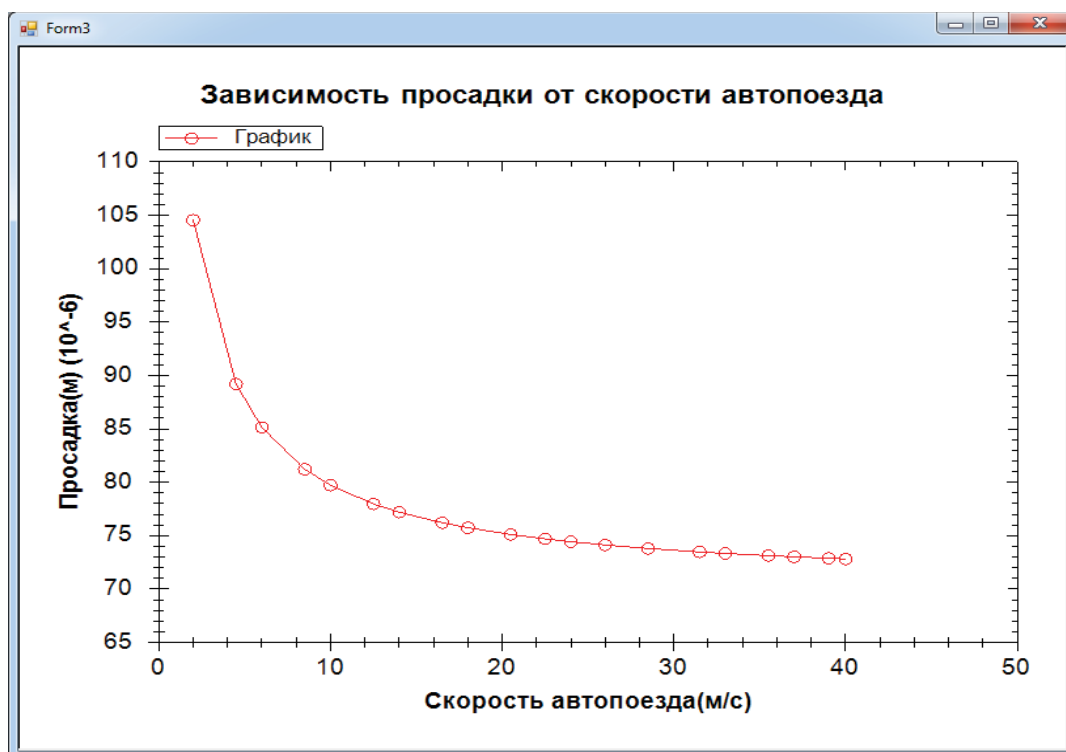


Рисунок 1 - Зависимость просадки дорожной одежды от скорости автопоезда

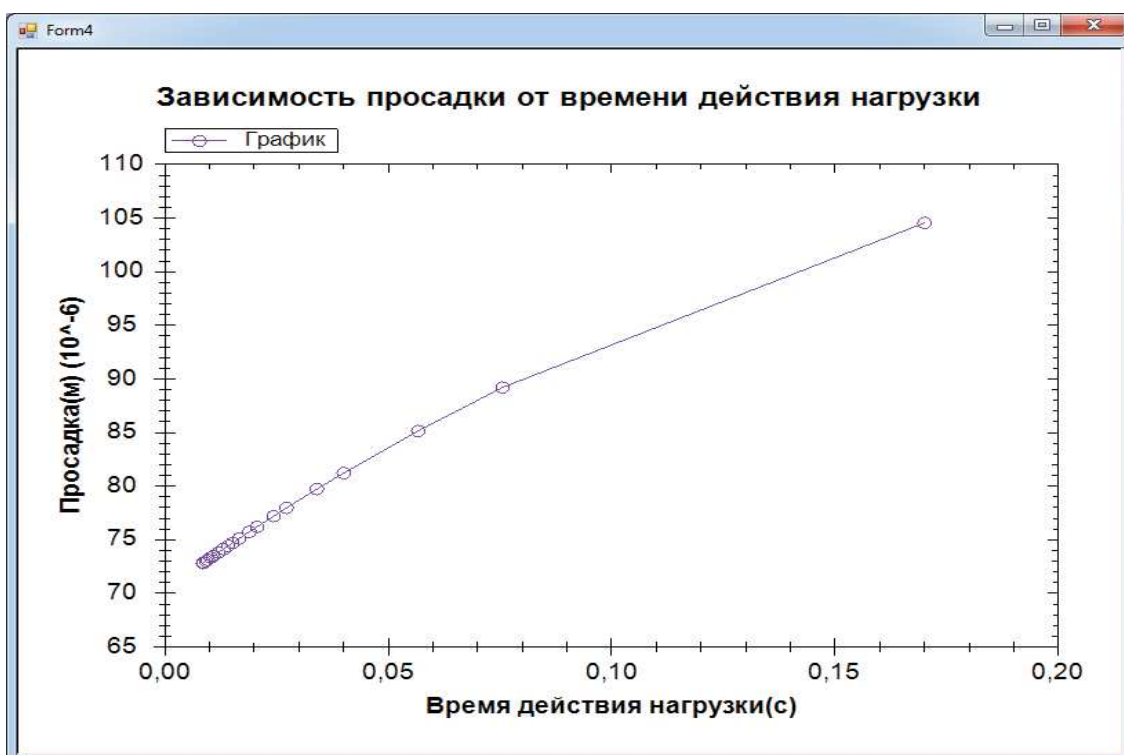


Рисунок 2 -Зависимость просадки дорожной одежды от времени действия нагрузки

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лащенко, А. П. Решение задачи определения напряжений и деформаций дорожных одежд и земляного полотна с учетом реологических свойств материалов/ А. П. Лащенко. – Минск: Рукопись, 1983. – 196 с.
2. Леонович, И. И. Применение реологических моделей к расчету дорожных одежд/ И. И. Леонович, С. С. Макаревич, А. П. Лащенко. – Минск: БелСЭ, 1971. – 183 с.
3. Лащенко, А. П. Определение деформаций слоистых систем с учетом реологических свойств материалов/ А. П. Лащенко. – Труды БГТУ, 2012, №3: Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 25 с.

УДК 625.539.3

студ. А.В. Фёдоров

Науч. рук. доц. А.П. Лащенко

(кафедра информатики и веб дизайна, БГТУ)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ**

Теория графов как один из разделов дискретной математики наряду с математическим моделированием является в настоящее время одним из интенсивно развивающихся разделов современной математики. Это связано, в первую очередь, с широким использованием компьютера, как средства решения научных и прикладных задач.

В статье рассматриваются алгоритмы, связанные нахождением решения поиска оптимального пути с использованием теории графов.

Алгоритм Флойда.

Является динамическим алгоритмом для поиска кратчайших расстояний между всеми вершинами взвешенного ориентированного графа.

$O(n^3)$

Оптимальная структура матрица смежности (весов дуг)

Недостатком данного алгоритма является высокая сложность

Алгоритм Дейкстры.

Используется для нахождения пути в графе из одной вершины до всех остальных. Алгоритм работает исключительно для графов с ребрами положительного веса.

$O(n \cdot \log(m))$