

Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4`2010

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

В номере

РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ганиев Р.Ф., академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ) РАН

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Скопинский В.Н., д.т.н., профессор (МГИУ)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Баранов Ю.В., д.т.н., проф. (ИМАШ РАН)

Овчинников В.В., д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., проф.)

Асташев В.К., д.т.н., проф.

Беляков Г.П., д.э.н., проф.

Бобровницкий Ю.И., д.ф.-м.н., проф.

Вайсберг Л.А., д.т.н., проф.

Горкунов Э.С., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Григорян В.А., д.т.н., проф.

Дроздов Ю.Н., д.т.н., проф.

Индейцев Д.А., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф.

Колесников А.Г., д.т.н., проф.

Кошелев О.С., д.т.н., проф.

Лунев А.Н., д.т.н., проф.

Махутов Н.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Пановко Г.Я., д.т.н., проф.

Перминов М.Д., д.т.н., проф.

Петров А.П., д.т.н., проф.

Полилов А.Н., д.т.н., проф.

Поникаров С.И., д.т.н., проф.

Приходько В.М., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Резчиков А.Ф., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Рототаев Д.А., д.т.н., проф., акад. РА РАН

Теряев Е.Д., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Федоров М.П., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Чаплыгин Ю.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф.

Шляпин А.Д., д.т.н., проф.

Штриков Б.Л., д.т.н., проф.

Уважаемые читатели!

Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора или кандидата наук.

МАШИНЫ И СИСТЕМЫ МАШИН

Вольская Н. С., Ширяев К. Н.

Влияние цикличности нагружения грунта на его физико-механические свойства в расчетах на проходимость колесных машин..... 2

Чичекин И. В., Левенков Я. Ю.

Разработка динамических моделей колесных машин для анализа их проходимости 9

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МАШИН

Агейкин Я. С., Вольская Н. С.

Определение параметров системы «шина – грунт» при проведении расчетов на проходимость колесной машины 18

Козляков В. В., Соколовский Р. И.

Термодинамическая модель двигателя Стирлинга схемы Альфа 22

Хейло С. В.

Решение задачи кинематики сферического манипулятора параллельной структуры 29

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Алехин О. В., Алехин В. П.

Закономерности деформационного старения поверхностных слоев армко-железа 34

Овчинников В. В., Якутина С. В., Козлов Д. А., Немов А. С.

Влияние имплантации ионов меди и свинца на свойства стали 30ХГСН2А 38

Авраамов Ю. С., Кравченко А. Н., Кравченкова И. А., Шляпин А. Д.

Механические и антифрикционные свойства сплавов Fe-Cu-Pb-Sn-Zn, полученных методом контактного легирования 47

Авраамов Ю. С., Кравченко А. Н., Кравченкова И. А., Шляпин А. Д.

Микроструктура и фазовый состав сплавов Fe-Cu-Pb-Sn-Zn, полученных методом контактного легирования 52

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

Скопинский В. Н., Берков Н. А., Емельянова А. Д.

Упругопластический расчет сосуда с патрубком при нагружении изгибающим моментом 56

Волкова Л. Ю., Лупехина И. В., Пановко Г. Я., Яцун С. Ф.

Исследование динамики вибрационного инструмента при его взаимодействии с обрабатываемой средой 63

Алексанов Е. А., Алексеев К. Б., Шадян А. В.

К вопросу идентификации тензора моментов инерции КА в полете 73

ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Юрасов А. Б., Третьяков Р. М.

Технологический маршрут создания унифицированных информационных ресурсов для систем дистанционного образования 79

Косякин Ю. В., Онанко Н. А., Хомяков С. М.

Создание структуры информационных ресурсов для дистанционного образования 85

Перечень статей, опубликованных в журнале «Машиностроение и инженерное образование» в 2010 г. 90

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ НАГРУЖЕНИЯ ГРУНТА НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В РАСЧЕТАХ НА ПРОХОДИМОСТЬ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Н. С. Вольская, К. Н. Ширяев

Разработана методика оценки степени изменения плотности верхнего слоя грунта в зависимости от числа циклов нагружения. По изменяющимся в процессе испытаний значениям плотности можно рассчитать механические параметры грунта и определить опорно-тяговые характеристики колесного движителя полноприводных колесных машин.

Ключевые слова: колесная машина, число проходов, плотность грунта, глубина колеи, динамический коэффициент, плотность скелета грунта, физико-механические характеристики грунта.

Введение

При оценке проходимости многоосных колесных машин проводятся расчеты с целью определения их опорно-тяговых характеристик. При этом для каждого колеса всех осей машины необходимо решать основную задачу – определять взаимные деформации шины и грунта. Результаты решения этой задачи в большой степени зависят от типа и физического состояния грунта. При последовательных проходах колес осей многоосного автомобиля «след в след» грунт уплотняется и его деформативные свойства изменяются. Поэтому необходимо разработать методику, позволяющую оценить изменение физического и механического состояний грунта от числа нагружений (проходов).

При движении даже одиночной двухосной колесной машины также характерно циклическое нагружение грунта в колею за счет последовательного прохода колес осей этого транспортного средства. Рассматриваемая проблема осложняется тем, что грунты, по которым движутся колесные машины высокой проходимости, различны по своему гранулометрическому

составу и физическому состоянию.

Вопросы циклического нагружения в механике грунтов [1] изучены достаточно подробно. Однако результаты этих исследований в первую очередь касаются грунтовых масс, не образующих верхний слой земной поверхности. На глубине более двух метров грунт находится в более стабильном и прогнозируемом по механическим свойствам состоянии.

К вышеперечисленным затруднениям, возникающим при оценке механического состояния грунта под каждым из колес автомобиля, необходимо добавить, что модель циклического (повторного) нагружения верхнего слоя грунта должна учитывать не только число циклов нагружения, но и особенности напряженного состояния грунта каждого цикла, т.е. отражать предисторию нагружения.

Влияние типа грунта на его механические параметры при циклическом нагружении

При последовательных нагружениях грунта происходит изменение его физического со-

стояния: плотности ρ и влажности W , а следовательно, механических свойств, характеризуемых такими параметрами, как модуль деформации E , угол внутреннего трения φ_0 , внутреннее сцепление c_0 , толщина мягкого слоя H_r .

Для связных грунтов выделяют следующие граничные значения влажности [1], характеризующей их состояние: W_T – влажность на границе текучести; W_p – влажность на границе раскатывания; W_n – число пластичности.

Известно, что песчаные и связные грунты при многократном воздействии на них ведут себя по-разному. Угол внутреннего трения песка в основном зависит от четырех составляющих:

$$\varphi_0 = 36^\circ + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4,$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ – углы, отражающие, соответственно, степень уплотнения, форму и шероховатость, размер частиц и их однородность.

Циклические деформации грунта приводят к изменению углов φ_1 и φ_4 , что составляет не более 18% от начального значения этих углов при переходе из совершенно рыхлого состояния в слежавшееся и из однородного в неоднородное.

Для влагонасыщенных песков благодаря их хорошей фильтрационной способности при нагружении наблюдается значительный отток жидкости. Это может привести к изменению внутреннего сцепления c_0 в грунте (увеличению до 5% или уменьшению до 55% от первоначального значения).

Связные грунты, обладая низкой водопроницаемостью и значительными межмолекулярными и силовыми связями между частичкам грунта, имеют более сложный характер нагружения при циклическом воздействии. У них наблюдается более сильная связь внутреннего сцепления с влажностью.

Из механики грунтов известно, что:

$$c_0 = k \cdot (W_T - W)^5,$$

где k – коэффициент пропорциональности; W – влажность грунта.

Параметры k и W определяются экспериментально.

При циклическом нагружении для большинства связных грунтов характерны структурные изменения с переориентацией микроструктуры, что приводит к снижению внутреннего сцепления и росту угла внутреннего трения.

Результаты экспериментов [2] показывают, что зависимость внутреннего сцепления от числа циклов нагружения более сложна.

С ростом циклов нагружения сначала наблюдается повышение внутреннего сцепления c_0 , а затем, в связи с разрушением дерна и структуры, монотонное снижение. Угол внутреннего трения монотонно возрастает.

Сложность изучаемого процесса циклического нагружения усугубляется изменением контактной (продольной) нагрузки в каждом последующем цикле. Для глинистых грунтов внутреннее сцепление с ростом амплитуды сдвиговых колебаний снижается гиперболически, а угол внутреннего трения возрастает линейно. Мгновенное или кратковременное приложение сдвигающей нагрузки не влияет на степень ориентации частиц грунта. Переориентация происходит при длительной деформации грунта.

Методики определения механических параметров грунта с учетом числа нагружений

Для приблизительного определения механических параметров грунта в зависимости от цикличности нагружения В.В. Сапожниковым [2] получены следующие выражения:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{0n} &= (\varphi_1 + 18) \cdot \left(1 - \frac{18}{\varphi_1 + 18} \cdot n^{-\alpha_n} \right) \\ c_{0n} &= n^{x \cdot \alpha_\omega \cdot \tau_n} \cdot (c_{01} + c_\Omega \cdot n^{-\alpha_\Omega}) \\ E_n &= E_1 \cdot e^{k_E \cdot (n-1)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\tau_n = \tau_{\max n} / (\tau_{\max} - \tau_{\max n});$$

$$x = 1 \text{ при } \tau_n \geq 0,5 \cdot \tau_{\max};$$

$$x = -0,1 \text{ при } \tau_n < 0,5 \cdot \tau_{\max},$$

где φ_0 – угол внутреннего трения, зависящий от числа нагружений; c_0 – внутреннее сцепление, зависящее от числа нагружений; E_n – модуль деформации, зависящий от числа нагружений; φ_1, E_1, c_{01} – определены в первом цикле; n – номер прохода; x – параметр, характеризующий направленность процесса; τ_n – уровень напряжений в n -м цикле; $\tau_{\max n}$ – максимальное напряжение при n -м цикле нагружения; τ_{\max} – максимальное напряжение при первом цикле нагружения; $\alpha_\Omega, \alpha_\omega, c_\Omega, k_E$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа почвогрунта.

Средние значения коэффициентов, входящих в зависимости (1), приведены в [2] для грунтов типа песок, задернованная супесь и задернованный суглинок.