

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2016» атты
XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2016»

PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2016»

2016 жыл 14 сәуір
Астана

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2016»
атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XI Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2016»**

**PROCEEDINGS
of the XI International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2016»**

2016 жыл 14 сәуір

Астана

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

Ғ 96

Ғ96 «Ғылым және білім – 2016» атты студенттер мен жас ғалымдардың XI Халық. ғыл. конф. = XI Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016» = The XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016» . – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2016. – б. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-764-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

ӘӨЖ 001:37(063)

КБЖ 72:74

ISBN 978-9965-31-764-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2016

2. Абдураманов А.А., Касабеков М.И. О свободной поверхности потока в гидроциклонах // Докл. Республиканской научно-технической конф., по водному хозяйству. – Ташкент, 1981, с. 191-193.

3. Абдураманов А.А., Жангужинов Е.М. Экспериментальное определение параметров поверхности нулевых осевых скоростей в гидроциклоне // Исследование и промышленное применение гидроциклонов. – Горький, 1981, с. 253-256

4. Абдураманов А.А., Механика жидкости. – Тараз, 2014, 280 с.

УДК 625.122.627.824

ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ «ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО - ОСНОВАНИЕ»

Лопата Виктор Сергеевич

Dana_61@mail.ru

Магистрант кафедры Механика, ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель-Д.Ж.Мухамбеталина

На железных дорогах мира в настоящее время и в перспективе наблюдается общая тенденция к реализации скоростного и высокоскоростного движения пассажирских поездов. При введении скоростного движения возникают более сложные процессы взаимодействия пути и подвижного состава, чем при обычных скоростях. Например, в зоне контакта колеса и рельса образуются высокочастотные колебания, которые передаются подрельсовому основанию, вследствие чего происходит волнообразный износ рельса и расстройство балластного слоя, основной площадки и земляного полотна. Поэтому создание надежных методов расчета устойчивости системы «земляное полотно-основание» конечных размеров в сложных грунтовых условиях под действием статических и динамических нагрузок является весьма сложной задачей.

Все это вызывает необходимость проведения фундаментальных исследований с привлечением современного аппарата математики и механики деформируемого твердого тела, разработки нетрадиционных аналитических и численных методов решения поставленных задач и создания на их основе программных средств для анализа динамической устойчивости земляного полотна при совместной работе с верхним строением железнодорожного пути.

Изучения свободных колебаний системы «земляное полотно-основание» важны для выяснения влияния физико-механических свойств основания и окружающего массива сложного строения на резонансные амплитудно-частотные характеристики. С другой стороны, при изучении динамической реакции земляного полотна низшие частоты необходимы для формирования и решения основных разрешающих матричных уравнений движения.

В работе подробно излагается численная реализация свободных колебаний системы «земляное полотно-основание» на основе метода конечных элементов (МКЭ) в сочетании с итерационным методом в подпространстве.

Земляное полотно состоит из неоднородных слоев с различными физико-механическими свойствами. Упругое состояние каждого слоя описывается уравнениями обобщенного закона Гука [1,2]:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\nu\sigma_y}{E} - \frac{\nu\sigma_z}{E}, \varepsilon_y = -\frac{\nu\sigma_x}{E} + \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\nu\sigma_z}{E} \\ \gamma_{xy} &= \frac{2(1+\nu)}{E} \tau_{xy}, \varepsilon_z = -\frac{\nu\sigma_x}{E} - \frac{\nu\sigma_y}{E} - \frac{\sigma_z}{E} = 0.\end{aligned}\tag{1}$$

Деформации элемента представляются вектором

$$\{\varepsilon^T\} = \{\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}\}, \text{ где } \left\{ \varepsilon_x = \frac{du}{dx}, \varepsilon_y = \frac{dv}{dy}, \gamma_{xy} = \frac{du}{dy} + \frac{dv}{dx} \right\}.$$

Дифференциальные уравнения колебаний системы «земляное полотно-основание» можно представить в виде:

$$[M]\{A(t)\} + [C]\{V(t)\} + [K]\{U(t)\} = \{R(t)\}, \quad (2)$$

где $\{R(t)\}$ - вектор внешних узловых сил, $\{A(t)\}, \{V(t)\}, \{U(t)\}$ - векторы узловых ускорений, скоростей и перемещений, $[M], [C], [K]$ - соответственно, матрицы масс, затухания и жесткости системы.

Матричное уравнение свободных колебаний системы «земляное полотно-основание» получается из (2), когда эффект демпфирования и воздействие внешних сил отсутствуют т.е. $[C]=0, \{R\}=0$

$$[M]\{A\} + [K]\{U\} = 0 \quad (3)$$

Матрица жесткости четырехугольного квадратичного изопараметрического элемента вычисляется с помощью интеграла [3,4]:

$$[k] = \int_v [B]^T [D][B] dv = \int_1^1 \int_1^1 [B]^T [D][B] \det[J] d\xi d\eta \quad (4)$$

Выражение интеграла (4) после применения квадратур Гаусса- Лежандра приводится к виду.

$$[k] = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p H_i H_j [B]_{ij}^T [D][B]_{ij} \det[J] \quad (5)$$

Матрица жесткости системы $[K]$ образуется путем суммирования матриц жесткости всех элементов

$$[K] = \sum_{i=1}^{\kappa} [k_i]. \quad (6)$$

Матрица масс системы $[M]$ формируется из матриц масс элементов аналогично матрице жесткости системы. Матрица масс четырехугольного квадратного изопараметрического элемента имеет вид [3,4]:

$$[m] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_i H_j \rho [P_{ij}]^T [P_{ij}] \det \quad (7)$$

где $[P_{ijk}]$ - матрица, интерполирующая перемещения. Матрица масс системы получается путем суммирования матриц масс всех элементов.

$$[M] = \sum_{i=1}^{\kappa} [m_i]. \quad (8)$$

Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (3) можно записать в виде:

$$\{U\} = \{\varphi\} \sin(\omega(t - \alpha_0)) \quad (9)$$

Подставляя (9) в (3), получим:

$$[K]\{\varphi\} = \omega^2 [M]\{\varphi\} \quad (10)$$

Введем обозначение $\lambda = \omega^2$, тогда (10) примет вид:

$$[K]\{\varphi\} = \lambda [M]\{\varphi\} \quad (11)$$

Для решения обобщенной проблемы собственных значений использован итеративный метод в подпространстве, основанный на алгоритме метода Якоби и свойствах последовательности Штурма [5]

Основной целью в методе итераций в подпространстве является вычисление p наименьших собственных значений и соответствующих собственных векторов, удовлетворяющих соотношению

$$[K][\Phi] = [M][\Phi][\Lambda], \quad (12)$$

где $[\Phi] = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n]$ и $[\Lambda] = \text{diag}(\lambda_i), i=1, 2, \dots, n$.

Пусть $\{X_1\}$ представляет n начальных векторов, которые образуют начальное пространство E_1 . Обратные итерации с векторами имеют вид:

$$[K][\bar{X}_{k+1}] = [M][X_k][M][X_k], k = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Векторы, вычисленные с помощью соотношения (13), образуют подпространство E_{k+1} ; с каждой итерацией они становятся все более «параллельными» и ухудшают базис E_{k+1} . Поэтому для сохранения численной устойчивости необходимо построить ортогональный базис подпространства E_{k+1} . Для этого случая итерации проводятся по формулам:

$$[K][X_{k+1}^T] = [M][X_k], \quad (14)$$

$$[X_{k+1}] = [\bar{X}_{k+1}] - [R_{k+1}] \quad (15)$$

где $[R_{k+1}]$ - верхняя треугольная матрица, выбранная так, что

$$[X_{k+1}^T][M][X_{k+1}] = [I], \quad (16)$$

$$[X_{k+1}] = [X_{k+1}] - \sum_{i=1}^n \alpha_i [\varphi_i] \quad (17)$$

Коэффициенты α_i в (17) получаются из условия

$$[\varphi_i^T][M][\bar{X}_1], (i=1, 2, \dots, n) \text{ и } [\varphi_i^T][M][\varphi_j] = \delta_{ij}$$

Умножая обе части (17) на $\varphi_i^T M$, имеем

$$\alpha_i = [\varphi_i^T][M][\bar{X}_1], (i=1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

Предполагая, что начальные векторы $\{X_1\}$ не ортогональны к искомым собственным векторам $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$ в пределе получим

$$[X_{k+1}] \rightarrow [\Phi], [R_{k+1}] \rightarrow [\Lambda].$$

В итерациях по формулам (14) и (15) i -столбец из $[X_{k+1}]$ сходится к $[\varphi_i]$ со скоростью, пропорциональной величине $\max \{\lambda_{i-1} / \lambda_i, \lambda_i / \lambda_{i+1}\}$

При итерационных методах необходимо на каждом шаге анализировать сходимость полученных приближений. Пусть на $(k-1)$ и (k) – шаге итерации вычислены приближенные собственные значения λ_i^k и λ_i^{k+1} , сходимость достигается при

$$\frac{\lambda_i^{k+1} - \lambda_i^k}{\lambda_i^{k+1}} \leq \varepsilon, (i=1, 2, \dots, n) \quad (19)$$

Эффективность выбранного метода объясняется, во-первых, возможностью выбора начального подпространства, достаточно близкого к искомым наименьшим собственным значениям; во-вторых, удобства алгоритма перехода от данного подпространства к другому, обеспечивающему «наилучшего» приближения собственных значений векторов. Кроме того,

использование сдвигов и других ускоряющих процедур также способствует увеличению эффективности метода [5].

Список использованных источников

1. Безухов Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.: Высшая школа, 1969, 512 с.
2. Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Наука, 1984, 319 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541с.
4. Сегерленд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 392 с.
5. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Мир, 1982. 442 с.

ОӘК 622.232

АҚЫРЛЫ ЭЛЕМЕНТТЕР ӘДІСІМЕН РОТОРЛЫ ЭКСКАВАТОР ОҒЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН МОДЕЛЬДЕУ

Насипхан Аспангүл, Рахметова Мөлдір Исламқызы

mimoza-moya@mail.ru, mona090692@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ механика кафедрасының магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі-А.Б.Калиев

Үздіксіз қимылдағы роторлы экскаваторлар өзінің құндылығына қарай үлкен көлемде жер қазу жұмыстарын орындаған кезде маңызды рольді атқарады.

Аса берікті топырақтарды өңдеу қажеттілігі кезінде қазу күшін жоғарлатуды арттыру, жүргізілетін жұмыстардың өзіндік құнының және энергия шығынының көбеюіне келтіреді. Өндіріс қажеттілігі оның өсуімен байланысты экскавацияланатын машиналарды қолдану сапасын кеңейту, жұмыстың өзіндік құндылығының төмендетілуін қамтамасыз ету және роторлы экскаваторлардың өнімділігін жоғарлату қажеттілігін туғызады. Осы орайда жұмыстың перспективті бағытындағы ең "қауіпті" бөлімдерін анықтау үшін метал құрылымдарда қираулар ықтималдылығы, сынғыштығы және нақты кернеуін анықтау бұл жұмыстың қызметі метал құрылымдардың экскаваторын модельдеу болып табылады. Түрлі деңгейдегі кернеуді, ақырлы элементтер әдісін қатты дене механикасында түрлі есептерде қолданады.

Бұл мақалада негізгі міндеттердің бірі роторлы экскаватор ЭР315 САЕ оғының Р315 САЕ кернеулі деформацияланған күйін модельдеу. ЭР315 САЕ роторлы экскаваторды әр түрлі жағдайда тиеу кезінде метал құрылғылар оғының әр-бір нүктесінде қандай күшпен жұмыс жасалғандығын, қалай әсер ететіннің нәтижесін анықтау.

Максималды кернеу беріктігін есептеу кезінде метал құрылғылардың ұзақ уақытқа жарамдылығы, беріктігі және қор коэффициенттерін есептеу. негізгі ерекшелігі болады. ЭР315 САЕ анықтау үшін орын ауыстыруларын берілген геометрия бойынша деформациясын және кернеуін, материалдар қасиетін, жүктемелерді және шекті шарттарын іздеп табу керек.

Есепті таңдау схемалары жұмыс істейтін жүктемеде негізделген, геометриялық пропорцияларға талдауда тұрақтанып және шарттарға сәйкес таңдау ерекшеліктеріне қарай модельдің түйіндерінде бекітіледі.

Ақырлы элементтер моделінің үлгісінің жасалуы үшін ақырлы элементтерді және материалдың физика-механикалық қасиеттеріне негізделіп экскаватор оғы жасалады.

Р315 САЕ экскаватор оғы геометриялық үлгідегі ақырлы элементтер генерациясы кезінде арқалық элемент қолданылған, осының арқасында алдын ала берілген есептің