

4 **Kornhauser, M.** Prediction and evaluation of transient accelerations / M. Kornhauser // Journal of Applied Mechanics. – 1954. – № 21. – P. 371–380.

5 **Hundal, M. S.** Response of shock isolators with linear and quadratic damping / M. S. Hundal // Journal of Sound and Vibration. – 1981. – № 76. P. 273–281.

6 **Коломникова, О.С.** Влияние свойств связей в системе «груз – упаковочная тара – вагон» на ускорение груза при ударе / О.С. Коломникова // IV Международная научно-практическая конференция «Проблемы безопасности на транспорте». – Гомель: УО «БелГУТ», 2007. – С. 26–28.

Получено 20.12.2007

**ISBN 978-985-468-405-5. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 2. Гомель, 2008**

УДК 629.463.321/36

М. Г. КУЗНЕЦОВА, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ АНАЛИЗА ТОРМОЖЕНИЯ ЦИСТЕРНЫ

С помощью генетического алгоритма выполнен анализ тормозного пути цистерны в зависимости от начальных параметров движения. При решении задачи использована модель, предполагающая, что свободная поверхность жидкости остается плоской при колебаниях. Определено значение начального угла наклона жидкости, при которой имеет место наименьший тормозной путь.

Большая часть научных и технических задач относится к классу оптимизационных, т.е. к задачам, в которых решается проблема поиска оптимальных решений. Часть оптимизационных задач относится к классу комбинаторных, имеющих в большинстве случаев не одно, а множество решений, способом нахождения которых является полный либо сокращенный перебор подмножеств решений. Переборы различных подмножеств решений занимают длительный период времени, поэтому для повышения скорости решения задач предлагаются новые принципы перебора вариантов.

В начале 60-х годов XX в. Джон Холланд предложил использовать при решении оптимизационных задач основные законы эволюции живых организмов, которые были к тому времени уже исследованы генетикой, а также предложенную Чарльзом Дарвином теорию естественного отбора. Отсюда появилось и название данного метода – “генетический алгоритм”. Первым данный термин ввел в обиход Д. Багли (США) в 1967 г. в ходе выполнения своей диссертации [1].

Генетические алгоритмы – это основанные на механизмах наследования и естественного отбора процедуры поиска. Отличия генетических алгоритмов от традиционных методов оптимизации состоят в том, что:

- они работают с закодированной формой параметров задачи, а не обрабатывают параметры самой задачи;
- поиск оптимального решения производится на основе использования на заданном множестве решений сразу нескольких конкурентоспособных вариантов, а не путем постепенного улучшения единственного решения;
- для оценки качества принятия решений используется только целевая функция, а не ее производные, либо иная дополнительная информация;
- применяются не детерминированные, а вероятностные правила выбора.

Можно сказать, что генетические алгоритмы сперва анализируют исходную популяцию хромосом и оптимизируют заданную целевую функцию, оценивая каждую хромосому и отбирая наиболее приспособленные. Механизм функционирования генетического алгоритма приведен на рисунке 1.

Превосходство генетических алгоритмов над другими методами состоит также в использовании минимума первоначальной информации о задаче и рандомизации операций [2].

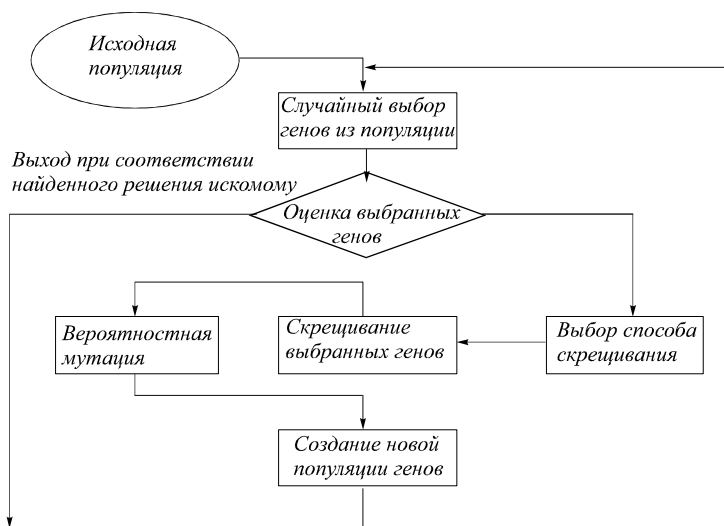


Рисунок 1 – Механизм действия генетического алгоритма

Цель представленной работы состоит в том, чтобы с помощью генетического алгоритма оптимизировать путь торможения цистерны в зависимости от параметров, определяющих положение свободной поверхности жидкости в резервуаре.

При решении задачи воспользуемся моделью: свободная поверхность жидкости остается плоской при перемещении жидкости в цистерне. В работе [3] показана правомерность использования такого предположения. Тогда колебания системы “транспортное средство — перевозимая жидкость” могут быть представлены как колебания системы с двумя степенями свободы, а в качестве обобщенных координат можно принять линейное перемещение точек кузова x и угол наклона поверхности жидкости φ , как это показано на рисунке 2.

Для решения задачи о движении транспортного средства с жидкостью воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода. Если пренебречь перемешиванием жидкости, что допустимо при малых начальных скоростях движения транспортного средства, то кинетическая энергия рассматриваемой системы может быть записана в виде:

$$T = \frac{m_k v^2}{2} + \frac{m_{ж}(v_{cx}^2 + v_{cy}^2)}{2},$$

где $m_k, m_{ж}$ — масса кузова и жидкости соответственно; v — скорость движения кузова; v_{cx}, v_{cy} — проекции скорости центра масс жидкости на оси координат.

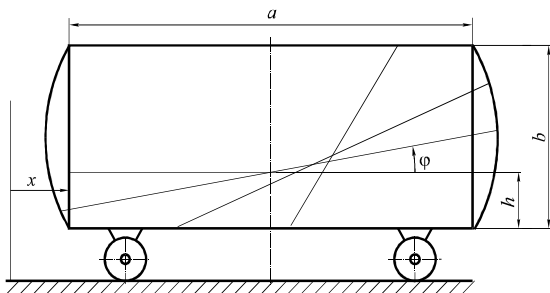


Рисунок 2 — Расчетная схема транспортного средства с жидкостью

В процессе перетекания жидкости край ее свободной поверхности может переходить со сферического днища на цилиндрическую часть котла и обратно. В связи с этим приходится рассматривать различные варианты положения свободной поверхности жидкости, которые показаны на рисунке 1, т. к. для каждого из них существуют свои особенности расчета координат центра тяжести. Показанные на рисунке линии соответствуют заполнению резервуара до 50 %.

Расчет координат центра тяжести жидкости выполнен с помощью известных формул:

$$y_{цт} = \frac{\int y dV}{V}; \quad z_{цт} = \frac{\int z dV}{V}.$$

Объем жидкости V выражается через размеры цистерны и угол наклона свободной поверхности жидкости.

Используемые при расчетах выражения скоростей удобно записать в виде:

$$v = \dot{x}; \quad v_{cx} = v_{cx}^* + \dot{x} = k_x(\varphi)\dot{\varphi} + \dot{x}; \quad v_{cy} = k_y(\varphi)\dot{\varphi},$$

где v_{cx}^* – проекция скорости относительного движения жидкости; $k_x(\varphi)$, $k_y(\varphi)$ – функции, зависящие только от угла поворота свободной поверхности жидкости.

После преобразований получаем:

$$T = \frac{m_k \dot{x}^2}{2} + \frac{m_{ж}}{2} (k_{отн}^2(\varphi)\dot{\varphi}^2 + 2k_x(\varphi)\dot{\varphi}\dot{x} + \dot{x}^2),$$

где $k_{отн}^2(\varphi) = k_x^2(\varphi) + k_y^2(\varphi)$.

Обобщенные силы отражают действие сил трения и тяжести и выражаются формулами:

$$Q_x = -fg(m_k + m_{ж}); \quad Q_\varphi = -m_{ж}g \frac{\partial y_c}{\partial \varphi},$$

где f – приведенный коэффициент трения, приводящего к торможению экипажа; g – ускорение свободного падения.

Подстановка выражений T , Q_x , Q_φ в уравнения Лагранжа второго рода приводит к системе двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} (m_k + m_{ж})\ddot{x} + m_{ж}k_x(\varphi)\ddot{\varphi} = -fg(m_k + m_{ж}); \\ m_{ж}k_x(\varphi)\ddot{x} + m_{ж}k_{отн}^2(\varphi)\ddot{\varphi} = -m_{ж}g \frac{\partial y_c}{\partial \varphi} - \frac{m_{ж}}{2} \frac{\partial k_{отн}^2(\varphi)}{\partial \varphi} \dot{\varphi}^2. \end{cases} \quad (1)$$

Целевая функция, которую необходимо оптимизировать, – функция тормозного пути цистерны, которая определяется путем решения приведенной системы дифференциальных уравнений. Исходные данные включают начальную скорость цистерны, начальный угол и угловую скорость свободной поверхности жидкости.

Особенностью решаемой задачи об определении минимального тормозного пути является разрывная зависимость этого пути от начальных параметров. Поэтому стандартные подходы к определению экстремумов функций нуждаются в привлечении дополнительных методик поиска решения. Применение генетического алгоритма позволит сразу решать поставленную задачу.

Для решения задачи сначала создается исходный массив генов, состоящий из начальных углов наклона свободной поверхности жидкого груза, выбран-

ных случайным образом из всей области допустимых значений, затем определяется приспособленность каждого из них, исходя из условия минимизации целевой функции, решением которой является тормозной путь цистерны. Наибольшую приспособленность имеют гены, при которых целевая функция достигает минимума. Значение тормозного пути определяется разностью между конечной координатой центра масс жидкости, при которой скорость центра масс жидкости v равна нулю, и начальной координатой; количество итераций соответственно зависит от момента перемены направления исходного вектора скорости на противоположный. Гены, обладающие наибольшей приспособленностью, участвуют в создании новой популяции генов, т.е. становятся “родителями”, путем скрещивания и вероятностной мутации которых образуются потомки. Потомки создают новую популяцию генов, которая обрабатывается аналогично исходной.

Реализация описанного алгоритма решения задачи выполнена на языке программирования Pascal.

В результате вычислений установлено, что наименьший тормозной путь имеет место при начальном угле наклона жидкости $-0,080$ радиан и принимает значение $6,16$ м. Искомое решение появляется приблизительно на пятой итерации и далее, начиная с восьмой итерации, в массиве генов практически все гены дают целевой функции минимальное значение. Иногда такие гены могут ненадолго исчезать за счет мутации, однако алгоритм все равно потом приводит к искомому решению.

Выполненные исследования показали целесообразность использования генетического алгоритма для решения задач динамики транспортных средств, отличающихся разрывными зависимостями оптимизируемых функций от начальных условий движения системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Гладков, Л. А.** Генетические алгоритмы / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик; под ред. В. М. Курейчика. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 320 с.

2 Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

3 Механика. Теория, задачи, учебно-методические разработки: сб. науч. тр. / под ред. А.О. Шимановского – Гомель : УО “БелГУТ”, 2006. – 144 с.

Получено 20.12.2007