

УДК 625.144.6

ГРАФ-СХЕМА АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО
РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА МАНИПУЛЯТОРНЫХ МАШИН

А. А. Платонов

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
путей сообщений Императора Николая II»

E-mail: paa7@rambler.ru

В настоящее время для железных дорог Российской Федерации продолжает оставаться актуальной проблема обеспечения безопасности движения железнодорожного транспорта. Так, на состоявшейся в конце 2016 года XVII научно-практической конференции вице-президентом ОАО «РЖД» Ш.Н. Шайдуллиным отмечалось, что безопасность движения «... была и будет абсолютным приоритетом работы железных дорог» [5]. При этом одним из направлений обеспечения безопасности движения является поддержание полосы отвода железных дорог в нормативном состоянии, в том числе путём удаления в ней сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительности.

В целом, к полосе отвода железных дорог относятся земляное полотно с путями (рис. 1), станции со станционными путями, пассажирские вокзалы, искусственные сооружения, линии, здания и сооружения сигнализации и связи, энергетического, локомотивного, вагонного, путевого, грузового и пассажирского хозяйств, водоснабжения и канализации, защитные лесные насаждения различного назначения, служебные, жилые и культурно-бытовые здания и иные здания и сооружения, обеспечивающие деятельность железнодорожного транспорта [2].

В соответствии с Приказом Министерства путей сообщения РФ № 26Ц [3] в полосе отвода железных дорог в местах прилегания к сельскохозяйственным угодьям не допускается разрастание сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительности (рис. 2, а). В полосе отвода в местах прилегания к лесным массивам не допускается скопления сухостоя, валежника, порубочных остатков и других горючих материалов (рис. 2, б).

Большинство исследователей в настоящее время уделяют внимание вопросам удаления исключительно сорной травянистой растительности. Объясняется это эффективностью применяемого в этом случае химического метода, обеспечивающего эффективную и долговременную защиту объектов производственной

инфраструктуры автомобильных и железных дорог от повторного произрастания нежелательной травянистой растительности. В тоже время, вопросам удаления нежелательной растительности механическим методом уделяется на наш взгляд недостаточное внимание. Между тем, при должной организации технологического процесса механический метод может оказаться весьма эффективным, особенно при удалении нежелательной одиноко и неравномерно растущей поросли.



Рисунок 1 – Визуализация объектов производственной инфраструктуры



Рисунок 2 – Визуализация объектов нежелательной растительности в полосе отвода

В целом, удаление нежелательной поросли механическим методом может производиться вырубанием или вырезанием надземной части с применением ручного труда (ручными пилами и топорами, механизированным инструментом), выкапыванием или выдёргиванием с корнями, а также вырезанием надземной части нежелательной растительности (с применением ручного труда или специализированных машин). Приведённые примеры, а также анализ существующих техноло-

гических процессов удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог [4] показывают, что в настоящее время при удалении нежелательной поросли преобладает ручной труд, хотя тенденцией является расширение применения средств механизации.

Одним из путей повышения производительности труда и качества выполняемых работ, а также снижения доли ручного труда является применение машин, снабжённых манипуляторной установкой с установленным на её конце рабочим органом. При этом для обеспечения требуемых кинематических и динамических характеристик, а также быстродействия системы «транспортное средство-манипулятор-рабочее оборудование-среда», и обеспечения точности воспроизведения заданных траекторных движений при сохранении стабильности движения, целесообразно использовать на стадии проектирования вышеозначенной системы метод имитационного моделирования, учитывающий технологические условия работы.

При установке манипулятора с рабочим оборудованием на транспортном средстве и приведении его в действие для удаления с его помощью с полосы отвода автомобильных и железных дорог нежелательной древесно-кустарниковой растительности будет формироваться некоторая зона его действия, определяемая кинематической схемой манипулятора. В общем случае рабочее пространство манипулятора с закреплённым на его конце рабочим органом будет представлять собой сферу, центр которой совпадает с центром вращения поворотной платформы.

Для моделирования сферического рабочего пространства нами было симулирована установка рабочего оборудования (мульчера с роторным рабочим органом) на дрезине ДГКУ (рис. 3). Выбор дрезины ДГКУ был обусловлен тем, что данная дрезина, предназначенная для погрузки, перевозки и разгрузки элементов верхнего строения пути и других грузов, представляет собой самоходную двухосную платформу, на которой смонтированы кран с вылетом стрелы 5,8 м и грузоподъёмностью 1,7-3 т, силовая установка и кабина с установленными механизмами и приборами управления. Наличие указанных элементов конструкции облегчает теоретическое переоборудование данной дрезины под машину для удаления нежелательной растительности с полосы отвода железных дорог (в данном случае). Кроме того, манипулятор на такой машине будет обладать «полноповоротностью» (т. е. способностью поворачиваться на телесный угол 360°).



Рисунок 3 – Дрезина ДГКУ с модернизированной манипуляторной установкой и роторным мульчером

Моделирование сферического рабочего пространства производилось с учётом целого ряда конструктивных и технологических ограничений, накладываемых на рабочее оборудование при его работе с машины, установленной на железнодорожном пути. При этом в соответствии с [1] был составлен алгоритм, предусматривающий использование строго определённых наборов графических изображений.

Начало алгоритма (рис. 4) осуществляется в блоке 1.

Блоки 2-5 предусмотрены для ввода исходных данных. В блоке 2 осуществляется ввод координат расположения центра поворотной платформы манипуляторной установки (X_{0_1} , Y_{0_1} и Z_{0_1}); в блоке 3 – ряда конструктивных параметров манипуляторной установки и рабочего органа (l_1 , l_2 , $l_{3\min}$, $l_{3\max}$, $H_{раб}$, D_r , $B_{раб}$); в блоке 4 – ширины железнодорожной колеи $B_{жд}$ и высоты балластной призмы $H_{бп}$, максимального угла подъёма манипулятора $\varphi_{\max\text{мн}}$, а также ряда конструктивных параметров манипуляторной установки $B_{пл}$, $H_{уст}^*$ и $H_{уст}$; в блоке 5 – конструктивных параметров манипуляторной установки и транспортного средства $B_{кб}$, $l_{пкб1}$, $l_{пкб2}$, $l_{пкб3}$, $h_{кб2}$, $h_{кб3}$.

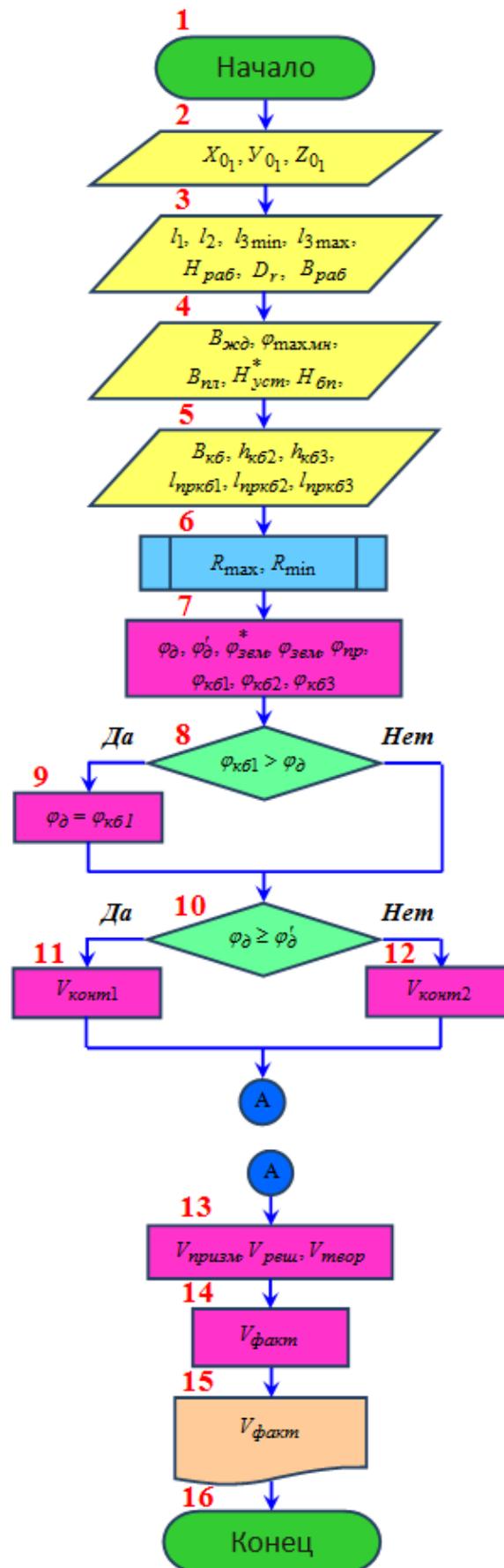


Рисунок 4 – Алгоритм моделирования сферического рабочего пространства манипуляторных машин

Блок 6 является подпрограммой расчёта величин минимального R_{\min} и максимального R_{\max} радиусов работы характерной точки рабочего органа, приводимого в действие манипуляторной установкой. После начала подпрограммы (блок 17, рис. 5) организован ряд циклов. В блоке 18 организован цикл изменения угла поворота Θ_1 поворотной платформы манипуляторной установки вокруг оси O_0Z_0 в базовой системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$ от минимального значения $\Theta_{1\min}$ до максимального значения $\Theta_{1\max}$ с шагом Θ_{1i} ; в блоке 19 – цикл изменения угла поворота Θ_2 поворотной стойки манипуляторной установки вокруг оси O_1V_1 в системе координат $O_1X_1Y_1Z_1$ от минимального значения $\Theta_{2\min}$ до максимального значения $\Theta_{2\max}$ с шагом Θ_{1i} ; в блоке 20 – цикл изменения угла поворота Θ_3 рабочего оборудования вокруг оси O_2X_2 в системе координат $O_2X_2Y_2Z_2$ от минимального значения $\Theta_{3\min}$ до максимального значения $\Theta_{3\max}$ с шагом Θ_{3k} .

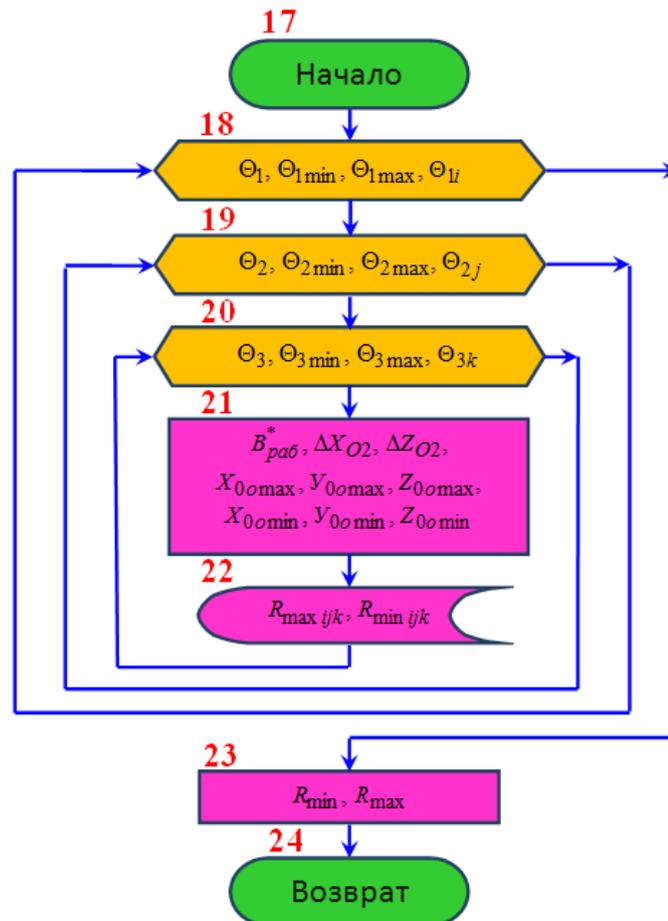


Рисунок 5 – Подпрограмма алгоритма моделирования сферического рабочего пространства манипуляторных машин

В блоке 21 осуществляется расчёт динамических изменений положений вспомогательных точек манипуляторной установки $B_{раб}^*$, ΔX_{O2} и ΔZ_{O2} , а также максимальных и минимальных координат характерной точки рабочего оборудования $X_{0o\max}$, $Y_{0o\max}$, $Z_{0o\max}$, $X_{0o\min}$, $Y_{0o\min}$ и $Z_{0o\min}$.

В блоке 22 организован расчёт и запоминание промежуточных значений минимального $R_{\min\ ijk}$ и максимального $R_{\max\ ijk}$ радиусов работы характерной точки рабочего органа.

В блоке 23 организовано сравнение значений $R_{\min\ ijk}$ ($R_{\max\ ijk}$) между собой и выбор из них наименьшего R_{\min} (наибольшего R_{\max}) радиусов работы характерной точки рабочего органа.

В блоке 24 осуществляется возврат к основному телу программы.

В блоке 7 основного тела программы организовано определение углов ограничения фактического объёма сферического рабочего пространства φ_{∂} , φ'_{∂} , $\varphi_{зем}^*$, $\varphi_{зем}$, $\varphi_{пр}$, $\varphi_{кб1}$, $\varphi_{кб2}$ и $\varphi_{кб3}$.

В блоке 8 выполняется сравнение углов ограничения движения неполноповоротного манипулятора $\varphi_{кб1}$ и угла дороги φ_{∂} . При превышении угла $\varphi_{кб1}$ над углом φ_{∂} в блоке 9 производится их приравнивание.

В блоке 10 выполняется сравнение углов ограничения движения подъёма манипулятора φ'_{∂} и угла дороги φ_{∂} . В зависимости от результатов сравнения в блоках 11 и 12 производится определение части объёма сферического рабочего пространства $V_{конт}$, находящегося в зоне контактной сети.

В блоке 13 организовано определение части объёма сферического рабочего пространства $V_{призм}$, находящегося в зоне балластной призмы, части объёма сферического рабочего пространства $V_{реш}$, находящегося в зоне рельсошпальной решётки, а также теоретического объёма сферического рабочего пространства $V_{теор}$.

В блоке 14 выполняется определение моделируемого фактического объёма сферического рабочего пространства $V_{факт}$.

В блоке 15 организован вывод результатов расчёта в удобочитаемой форме (таблиц и графических зависимостей).

Блок 16 является окончанием алгоритма моделирования сферического рабочего пространства манипуляторных машин с установленным на их конце ра-

бочим органом.

На основе приведённого алгоритма нами было проведено моделирование сферического рабочего пространства манипуляторных машин с закреплённым на конце манипулятора роторным рабочим органом, при этом в качестве базовой машины рассматривалось транспортное средство, установленное на железнодорожной колее. Однако, приведение математической модели, а также результатов моделирования сферического пространства не входит в цели и задачи данной статьи.

С учётом вышесказанного, можно сделать следующий вывод. Для машин, снабжённых манипуляторной установкой с установленным на её конце рабочим органом, используемых при удалении нежелательной древесно-кустарниковой поросли в полосе отвода автомобильных и железных дорог, целесообразно применение метода имитационного моделирования, учитывающего технологические условия работы. Разработанный и рассмотренный в данной статье алгоритм позволит более полно обеспечить требуемые кинематические и динамические характеристики моделируемой системы «транспортное средство-манипулятор-рабочее оборудование-среда».

Библиографический список

1 ГОСТ 19.701-90 ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

2 Крейнис, З. Л. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути [Текст] / З. Л. Крейнис, Н. Е. Селезнева. – М. : УМЦ ЖДТ, 2012. – 568 с.

3 Приказ Министерства путей сообщения РФ № 26Ц «Об утверждении Положения о порядке использования земель федерального железнодорожного транспорта в пределах полосы отвода железных дорог» от 15.05.1999. – Зарегистрирован Минюст РФ от 27 июля 1999 г. № 1848.

4 Платонов, А. А. Организация работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог [Текст] / А. А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. 2016. Т. 1. № 1 (15). – С. 17-23.

5 Шайдуллин, Ш. Н. Безопасность движения – абсолютный приоритет работы железных дорог [Текст] / Ш. Н. Шайдуллин // Евразия-Вести: транспортная газета. – 2016. – №12. – С. 2-3.