Научная статья
Original article
УДК 62-5

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА НИВЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

DIGITAL LEVELING SYSTEM FOR CONSTRUCTION SITES

Верагода Араччиге Ашан Прабодха, Магистрант 2 курс, факультет дорожных и технологических машин (ФДМ), Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Россия, г. Москва

Авдонин Степан Андреевич, Студент 2 курс, факультет дорожных и технологических машин (ФДМ), Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Россия, г. Москва

Сапрыкин Максим Андреевич, Студент 2 курс факультет дорожных и технологических машин (ФДМ), Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Россия, г. Москва

Тарасова Анастасия Викторовна, Студент 3 курс, факультет дорожных и технологических машин (ФДМ), Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Россия, г. Москва

Veragoda Arachchige Ashan Prabodha, 2nd year master student, faculty of road and technological machines (FDM), Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Russia, Moscow

Avdonin Stepan Andreevich, 2nd year student, Faculty of Road and Technological Machines (FDM), Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Russia, Moscow

Saprykin Maxim Andreevich, 2nd year student, Faculty of Road and Technological Machines (FDM), Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Russia, Moscow

Tarasova Anastasia Viktorovna, 3rd year student, Faculty of Road and Technological Machines (FDM), Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Russia, Moscow

Аннотация: В связи с ускорением научно–технического прогресса и роста производительности труда перед дорожно–строительной техникой ставится нелегкая задача. Речь идет о слаженной, комплексной, производительной работе техники без потери качества. В следствие этого всё чаще появляется техника с комплексной механизацией и автоматизацией. Среди такой техники большой удельный вес занимают машины для земляных работ, а именно автогрейдеры. Автогрейдер является довольно широкопрофильной землеройно–транспортной машиной, которая заслужила свое место в строительстве. Данное оборудование обладает рядом преимуществ, которые являются основополагающими при выборе строительной единицы для землеройных работ на объекте. Актуальность данной работы в первую очередь связана с необходимостью усовершенствования данной техники, что позволит увеличить его производительность и снизить удельный вес энергоемкости. Модернизация уже имеющихся автогрейдеров существенно повлияет на дальнейшее развитие строительной техники и позволит расширить границы подготовительных работ дорожного полотна для будущего строительства.

Annotation: In connection with the acceleration of scientific and technological progress and the growth of labor productivity, a difficult task is set for road construction equipment. We are talking about a well-coordinated, integrated,

productive work of equipment without loss of quality. As a result, equipment with complex mechanization and automation is increasingly appearing. Among such equipment, a large share is occupied by machines for earthworks, namely motor graders. The motor grader is a rather wide-profile earth-moving machine that has earned its place in construction. This equipment has a number of advantages that are fundamental when choosing a building unit for excavation work at the site. The relevance of this work is primarily associated with the need to improve this technique, which will increase its productivity and reduce the share of energy consumption. The modernization of existing motor graders will significantly affect the further development of construction equipment and will expand the boundaries of the preparatory work of the roadbed for future construction.

Ключевые слова: цифровая система, управление, грейдер.

Keywords: digital system, control, grader.

Введение

В современном строительстве один из самых важных процессов – это подготовка строительной площадки к будущему строительству. Именно качество выполнения данного этапа закладывает дорожному полотну нужную прочность, что позволяет добиться максимально высокого ресурса дороги в будущем.

Ускорение научно–технического процесса и рост производительности труда потребовали создания и освоения эффективных систем различных машин для комплексной механизации строительства.

Стоит отметить, что актуальным является создание современной системы автоматического управления рабочим органом автогрейдера для процесса планирования грунта, так как известные в данной области системы автоматизации являются, как правило, стабилизирующими высотное положение отвала устройствами, не позволяющими значительно повысить эффективность работы землеройно – транспортных машин. Применительно к процессу планирования целью автоматического управления должно быть

достижение максимально возможной производительности машины при заданном качестве обрабатываемой поверхности. Что касается данного этапа, то здесь немаловажную роль играет не столько сам процесс адаптации отвала для конкретно взятой поверхности, а тщательно проведенная геодезия почвы на запланированном строительстве. Данное исследование значительно упрощает жизнь при работе автогрейдера, так как заранее можно учесть всю специфику выбранного земляного участка.

Отсюда стоит отметить, что целью данной работы является повышение производительности автогрейдера за счет установление автоматизированной системы настройки положения отвала относительно земляного слоя, а также введения точного позиционирования автогрейдера на строительной площадке для точного, поэтапного создания плоскости в проектных отметках, контролируемых аэросъёмкой.

Параметры контроля

Работа автогрейдера в первую очередь зависит от точности контролируемых параметров системы, которой он управляется. В работе данной строительной техники задействованы 2 датчика: датчик угла резания и датчик угла захвата для снятия слоя земляного полотна.

Но в зависимости от комплектуемой системы количество датчиков может варьироваться. Также стоит отметить, что при создании плоскости резания исполнительным механизмом автогрейдера следует создавать поэтапно несколько моделей, а именно использовать для их создания датчики

Так в 3D системе нивелирования построения модели может быть осуществлено разными способами:

- Модель плоскости;
- Модель уклона;
- Модель дороги;
- Модель поверхности;
- Модель с опорной линией;

На рисунке 1 представлен пример интерфейса для осуществления выбора построения модели:

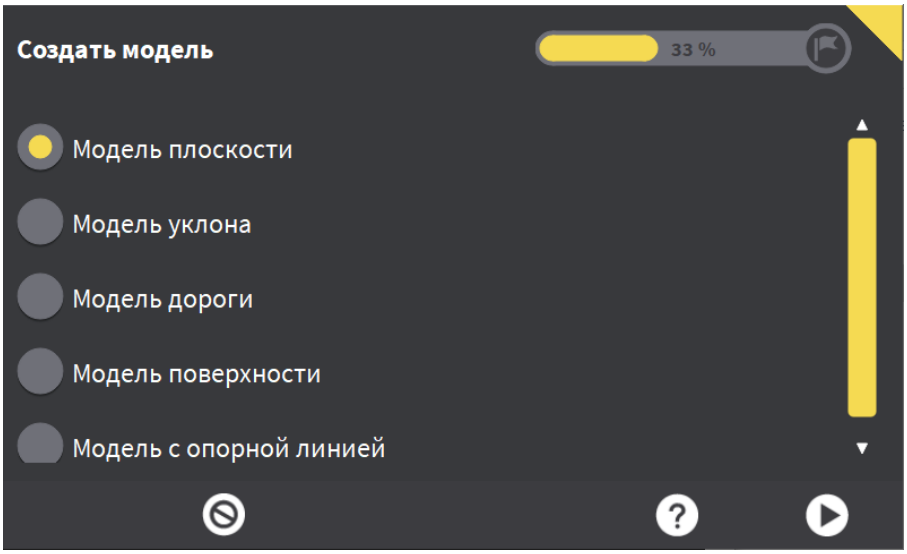


Рисунок 1. Создание модели

Датчики, установленные на автогрейдере позволяют в реальном времени при помощи улавливать нужные изменения рельефа для корректировки угла резания α (30-80 градусов) с интервалами перестановки 3-5 градусов и угла захвата λ (0-180 градусов).

На рисунках 2 и 3 показаны углы резания и захвата для наглядного представления регулируемых параметров.

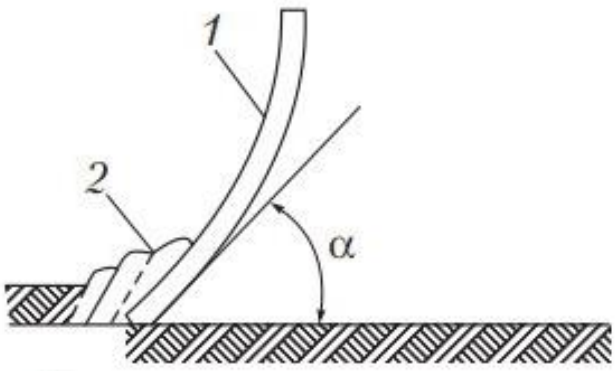


Рисунок 2. Угол резания

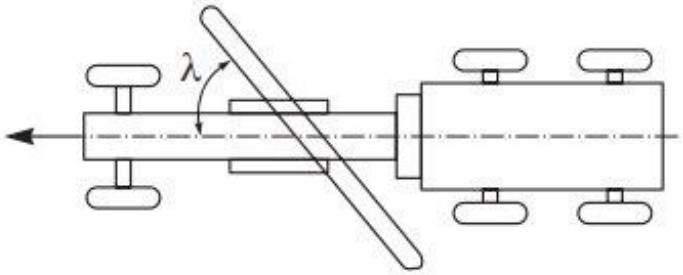


Рисунок 3. Угол захвата

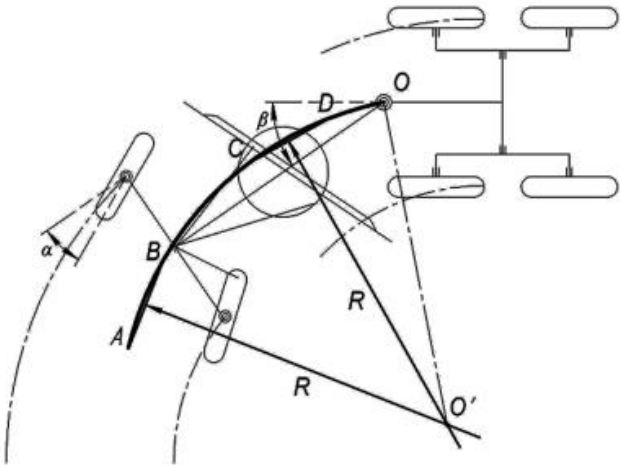


Рисунок 4. Определение радиуса поворота автогрейдера

Помимо углов захвата и резания также могут в системе присутствовать другие датчики и определение нужного их положения в интерфейсе представлено на рисунке 5:



Рисунок 5. Задание определенных данных с помощью интерфейса

Итоговый вариант спланированной модели за счет введения необходимых параметров представлен на рисунке 6:

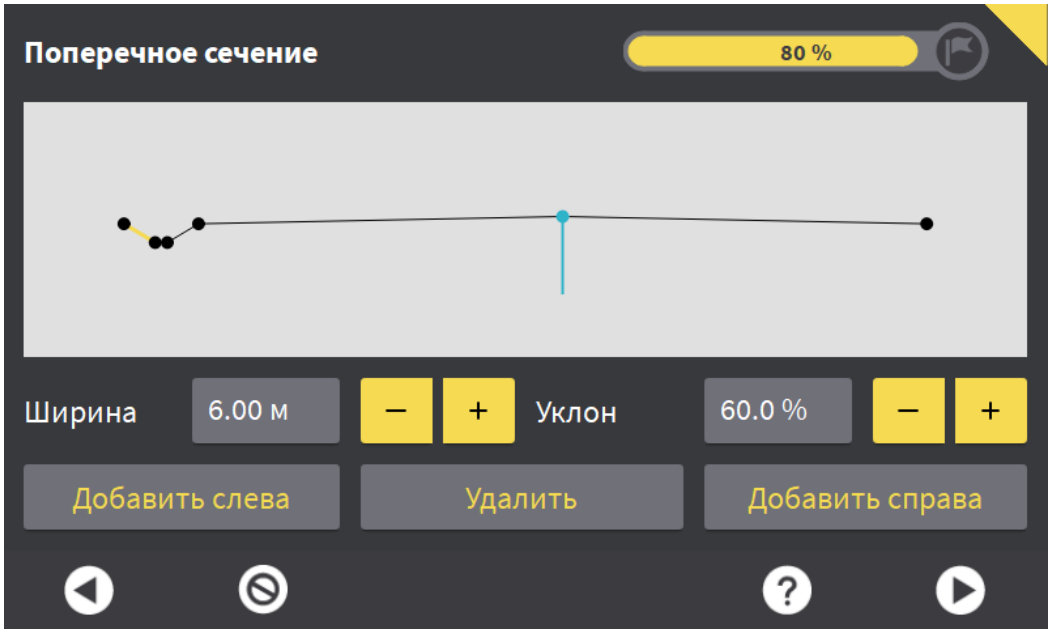


Рисунок 6. Поперечное сечение модели поверхности среза

Таким образом, в связи с тем, что автогрейдер является многофункциональной установкой стоит отметить, что в классической своей вариации автогрейдер используется для окончательной подготовки поверхности, «полировки», а также выравнивания грунта и любого другого полотна, ранее обработанного менее специализированными машинами. Машинист также играет важную роль в корректной работе автогрейдера. При

всех необходимых условиях выравненное положение машины и отвала гарантирует получение безупречной поверхности.

Принцип действия 3-D системе нивелирования.

3D система обеспечивает реализацию проектный решений по трем параметром, например плановое положение, высотные отметки и поперечные уклоны. На рисунке 7 показан бульдозер, оборудованный 3D системой с двумя спутниковыми антеннами, жестко связанными с рабочими органами бульдозера. Две антенны позволяют выполнять пространственную ориентацию и надежное обеспечение пространственными данными.



Рисунок 7. Система 3D с двумя антеннами

Также есть вариации и самой системы 3D. Ниже на рисунке 8 представлена система 3D на бульдозере с одной антенной и датчиками пространственного положения: инклинометрами, датчики углового вращения.



Рисунок 8. Система 3D на базе ГНСС и датчиков пространственной ориентации

Как видим, комплектация автоматизированной системы нивелирования бывает разной. Как уже отмечалось ранее всё это связано с конкретным объектом и поставленными целями перед системой.

Ниже на рисунке 9 показана еще одна реальная система аналог, разработанная Сибирским государственным университетом, где была приведена аналогичная приведенная САУ (система автоматизированного управления) на базе ГНСС для автогрейдеров:



Рисунок 9. Система 3D для автогрейдера (разработка СГУПС)

Здесь стоит отметить, что главным отличием данной системой является возможность работать с универсальным цифровым проектом, который создан для разного рода строительных машин. Такая возможность в использовании одного цифрового проекта для всех строительных машин позволяет значительно сократить затраты на создание цифрового проекта. При этом, такая система может использоваться как система индикаторного типа без подключения к гидро или электроприводу, так и в автоматизированном режиме.

Стоит выделить, что система нивелирования с использованием датчиков ГЛОНАСС включает в себя состав элементы и процессе, которые тесно связаны между собой, что продемонстрировано на рисунке 10:

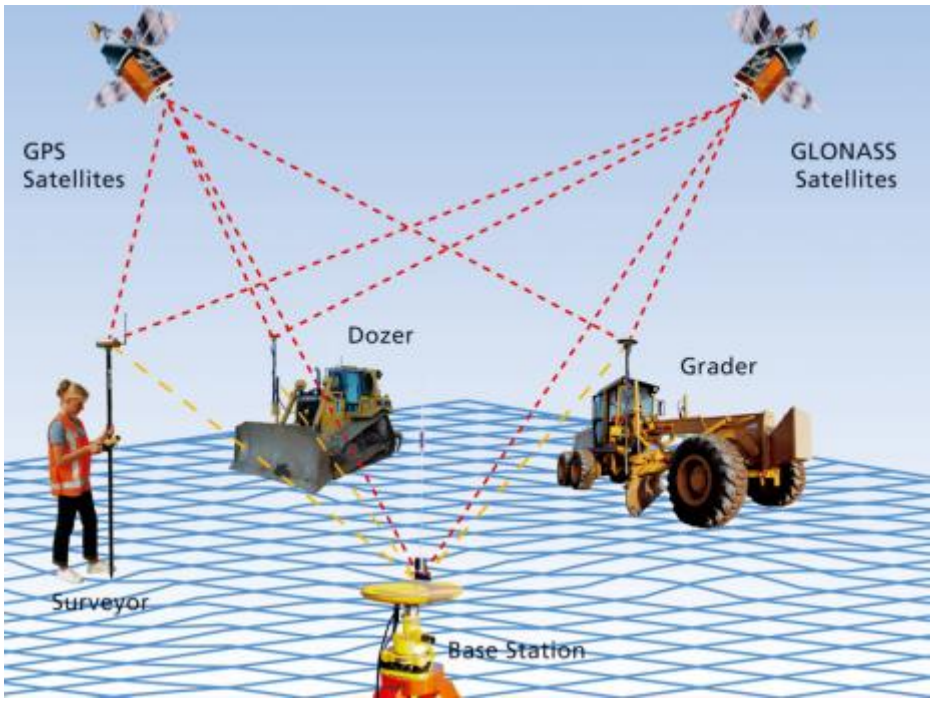


Рисунок 10. Схема работы 3D системы нивелирования

Основная задача такой системы заключается в автоматизации рабочего органа. Он автоматизируется за счет введения группы датчиков перемещения, устанавливаемых на рабочий орган, поворотный круг и непосредственно раму автогрейдера. Информация, которая приходит с датчиков, относительно положения автогрейдера и его рабочего органа соотносится с электронным планом заранее изученной местности, а также с непосредственным положением грейдера, что видно на рисунке 10. Также стоит отметить, что системы нивелирования позволяют не только увеличить производительность техники, но и сэкономить материалы в строительстве, что достигается путем высокой точности обработки поверхностей. Также благодаря системе удается сэкономить горюче – смазочные материалы, а также понизить требования к мастерству оператора, что упрощает поиск рабочего персонала для строительства.

Также стоит отметить, что в установке предусмотрена система установления четкого контроля над геометрическими параметрами при вырезке загрязненного балласта для щебнеочистительных машин разработана система САУ-3D на базе ГНСС и гидростатического нивелира, представленная на рисунке 10.

Система аэросъемки и ее влияние на построение модели

Обращая внимание на всевозможные вариации 3D систем нивелирования, хотелось бы отметить, что предложенная в работе система предлагает учесть и использовать все вышеперечисленные плюсы 3D системы нивелирования и использовать ее в коллаборации с аэрофотосъемкой и воздушным лазерным сканированием, что позволит работе на строительной площадке добиться максимальной точности и наглядности построенной 3D модели объекта.

Такая комбинация позволит выполнить следующий список задач:

- Создание ортофотопланов высокого разрешения и 3D моделей местности;
- Площадная и коридорная съемка для инженерных изысканий;
- Проектирование и мониторинг инфраструктурных объектов;
- Воздушное лазерное сканирование лесных территорий;
- Картографирование в масштабе 1:10 000 – 1: 500;
- 3D модели городов

На рисунке 11 представлена 3D модель объекта сделанная с помощью этой системы:

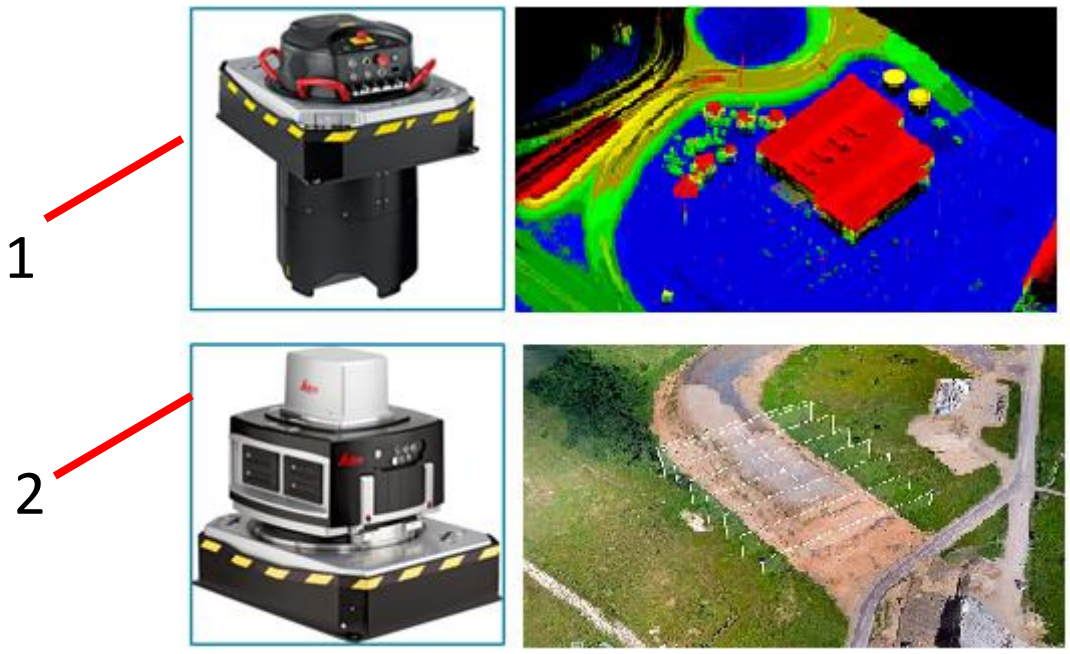


Рисунок 11. 3D модель, созданная системой аэросъемки

Из рисунка 11 видно, как система точно в деталях прорабатывает все необходимые детали. На рисунке элементом 1 выступает лазерный сканер, работающий в инфракрасном диапазоне. Основная его функция – это сбор геодезических отметок об объекте и построение 3D модели. Установка под номером 2 делает тоже самое, но проводит сканирования без использования инфракрасного датчика. При построении такой 3D системы в дорожном строительстве будут минимизированы все риски возникновения непредвиденных дефектов дороги при начале строительства, что позволит расширить информационный поток на рабочем объекте и наглядно представить место будущей дороги.

Также стоит отметить, что в зависимости от используемого типа оборудования (на рисунке 11 обозначенные цифрами 1 и 2) можно получить разные снимки любого объекта и в конечном итоге получить полноценную 3D модель объекта.

Тем самым, система аэросъемки, дополняя 3D систему нивелирования помогает расширить информационные сведения об объекте и собрать всю необходимое для построения дороги высокого качества. Работа 3D системы по сбору информации на основе датчиков, 3D нивелиров синтезируется с информацией с БПЛА с предустановленным оборудованием, показанном на рисунке 11, после чего выходит конечный полный вариант системы, пригодной для анализа, планирования будущего строительства.

Для более наглядного представления на рисунке 12 показан БПЛА:



Рисунок 12. БПЛА для геосканирования

Алгоритм системы

Перед началом описания и построения самого алгоритма следует определить этапы проведения работы.

На рисунке 13 приведены основные этапы проведенной работы:

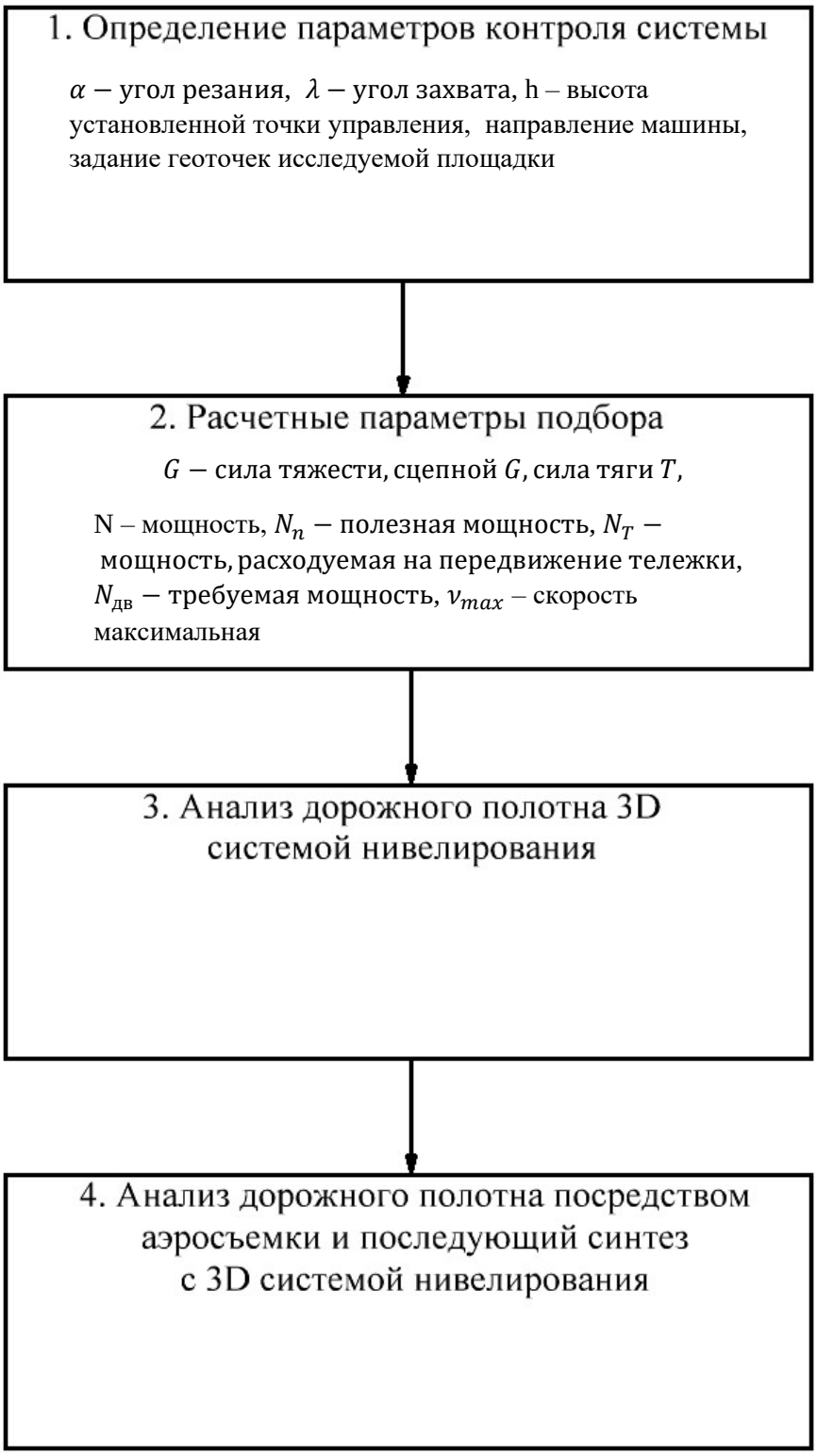


Рисунок 13. Основные этапы построения алгоритма

Общий алгоритм работы автогрейдера работает следующим образом: после запуска двигателя проводится проверка работоспособности мотора в рабочем режиме за счет определения оборотов двигателя. Далее задаются значения угла резания и угла захвата, проверяется установились ли оба угла.

В случае корректной установки по алгоритму осуществляется задание значения точки высоты управления, проверяется установилось ли значение, после чего по алгоритму задается значение направления модели. После проверки установленного направления модели по алгоритму осуществляется запись точек для построения плоскости среза. Далее проверяется осуществилась ли запись точек для построения плоскости среза и только после выполнения всех условий начинается движение автогрейдера. Если в случае проверки одного из условий какой-либо из процессов не выполнился, в алгоритме предусмотрен альтернативный сценарий, по которому при отрицательном ответе на условие проверки (условие в ромбе) проводится повторное осуществление действия.

Заключение

3D нивелирование и процесс аэросъемки объекта строительства будущей дороги являются важными и основополагающими этапами в современном дорожном строительстве. Именно от того, насколько качественно будет проведена эта операция, зависит долговечность и износостойкость покрытий.

Проведенное исследование в ходе всей работы позволяет сделать вывод о том, что создания и усовершенствование автоматизированного оборудования в современном технике является трендом нынешнего дорожного строительства. В связи с достигнутым пиком по части инструментария строительной техники автоматизация является двигательным элементом прогресса любой техники.

Обзор существующей классификации автогрейдеров, изучение его сильных сторон и недостатков помогает полноценно подойти к выбору данной строительной единицы на объект. А подобранное оборудование 3D нивелирования и осуществление анализа аэросъемки с последующим синтезом с системой невелирования увеличивает точность и качество будущего дорожного полотна.

Литература

1. Методика и средства контроля параметров, влияющих на качество асфальтобетонной смеси в процессе транспортных операций / Д.Н. Суворов, Х.А. Джабраилов, Н.В. Михайлова, Т.А. Суэтина // В мире научных открытий. – 2015. – № 10.3 (70). – С. 1212-1221.
2. Доценко А.И., Комплексная автоматизация производства асфальтобетонной смеси с учетом влияния факторов ее транспортировки, укладки и уплотнения // Дис. д.т.н.: 05.13.06: Москва – 2005 – с. 204 – 216.
3. Оперативный контроль температуры асфальтобетонной смеси после ее транспортировки / А.И. Доценко, А.А. Соколов // Механизация строительства. -2014. -№ 7. -с. 49-53.
4. Концепция системы управления транспортировкой асфальтобетонной смеси с поддержанием необходимого температурного режима / Х.А. Джабраилов, Д.Н. Суворов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2015. - № 2 (41). – С.115-120.
5. Суворов Д.Н., Воробьев В.А., Джабраилов Х.А. Оперативное управление доставкой асфальтобетонной смеси с учетом дорожной ситуации // В мире научных открытий – 2015 - №6 (66). - С. 163-173.
6. Разработка интеллектуальной системы мониторинга и обработки параметров движения транспортного средства / Городничев м.г., Гавриш к.а., Чесноков а.с.// в книге: мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в россии и за рубежом Российской академии естественных наук «Экономика и качество систем связи»; ЗАО «Национальный институт радио и инфокоммуникационных технологий». 2018. С. 49-52.
7. Воробьев В.А., Суворов Д.Н., Попов В.А. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. Книга 1. Теоретические основы. – Москва, Изд-во Российской инженерной академии, 2008. – 297 с.

8. Воробьев В.А., Суворов Д.Н., Котлярский Э.В., (раздел 1, Приложения) Доценко В.И., Попов В.А. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. Книга 2. Практические разработки. – Москва, Изд-во Российской инженерной академии, 2008. – 608 с.

Literature

1. Methods and means of monitoring the parameters that affect the quality of the asphalt mix during transport operations / D.N. Suvorov, Kh.A. Dzhabrailov, N.V. Mikhailova, T.A. Suetina // In the world of scientific discoveries. - 2015. - No. 10.3 (70). - S. 1212-1221.
2. Dotsenko A.I., Integrated automation of the production of asphalt concrete mixture, taking into account the influence of the factors of its transportation, laying and compaction, Dis. Doctor of Technical Sciences: 05.13.06: Moscow - 2005 - p. 204-216.
3. Operational control of the temperature of the asphalt concrete mixture after its transportation / A.I. Dotsenko, A.A. Sokolov // Mechanization of construction. -2014. -No. 7. -c. 49-53.
4. The concept of the control system for the transportation of asphalt concrete mix with maintaining the required temperature regime / Kh.A. Dzhabrailov, D.N. Suvorov // Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI). - 2015. - No. 2 (41). - P.115-120.
5. Suvorov D.N., Vorobyov V.A., Dzhabrailov Kh.A. Operational management of the delivery of asphalt concrete mixture, taking into account the traffic situation // In the world of scientific discoveries - 2015 - No. 6 (66). - S. 163-173.
6. Development of an intelligent system for monitoring and processing vehicle movement parameters / Gorodnichev M.G., Gavrish K.A., Chesnokov A.S.// in the book: mobile business: prospects for the development and implementation of radio communication systems in Russia and abroad of the Russian Academy of Natural Sciences "Economics and quality of communication systems"; CJSC

National Institute of Radio and Infocommunication Technologies. 2018. S. 49-52.

7. Vorobyov V.A., Suvorov D.N., Popov V.A. Computer modeling in the automation of the production of asphalt concrete mix. Book 1. Theoretical foundations. - Moscow, Publishing House of the Russian Engineering Academy, 2008. - 297 p.
8. V. A. Vorobyov, D. N. Suvorov, and E. V. Kotlyarskii, (Section 1, Appendices) V. I. Dotsenko, and V. A. Popov, Russ. Computer modeling in the automation of the production of asphalt concrete mix. Book 2. Practical developments. - Moscow, Publishing House of the Russian Engineering Academy, 2008. - 608 p.

© Верагода Араччиге Ашан Прабодха, Авдонин С. А., Сапрыкин М.А., Тарасова А.В., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №2/2022.

Для цитирования: Верагода Араччиге Ашан Прабодха, Авдонин С. А., Сапрыкин М.А., Тарасова А.В. ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА НИВЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №2/2022