

УДК 629.3.027

UDC 629.3.027

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ КАБИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ LIDAR

THE CONCEPT OF THE CABIN STABILIZATION SYSTEM USING LIDAR TECHNOLOGY

Рогачев Дмитрий Игоревич
ассистент
РИНЦ SPIN-код: 9854-9138
rogachevdi@bmstu.ru

Rogachev Dmitry Igorevich
assistant
RSCI SPIN-code: 9854-9138
rogachevdi@bmstu.ru

Гавриков Андрей Александрович
бакалавр

Gavrikov Andrey Aleksandrovich
bachelor

Скорондаев Юрий Алексеевич
бакалавр

Skorondaev Yuri Alekseevich
bachelor

Пчелкин Сергей Витальевич
бакалавр
РИНЦ SPIN-код: 3865-7041
pchelkinsv@student.bmstu.ru

Pchelkin Sergey Vitalievich
bachelor
RSCI SPIN-code: 3865-7041
pchelkinsv@student.bmstu.ru

Журин Андрей Александрович
бакалавр
zhurinaa@student.bmstu.ru

Zhurin Andrey Aleksandrovich
bachelor
zhurinaa@student.bmstu.ru

Козлов Иван Вячеславович
ассистент
РИНЦ SPIN-код: 9362-3131
kozloviv@bmstu.ru
Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Мытищи, Россия

Kozlov Ivan Vyacheslavovich
assistant
RSCI SPIN-code: 9362-3131
kozloviv@bmstu.ru
Mytishchi Branch of the Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russian Federation

В данной статье рассматривается концепт системы стабилизации кабины лесозаготовительной машины с применением технологии LIDAR (Light Detection and Ranging). Представленная система основывается на использовании LIDAR-сканера для получения данных о неровностях поверхности. Предложенная система подразумевает заблаговременный автоматический расчет оптимальных значений хода исполнительных механизмов для обеспечения стабилизации кабины. В статье описывается основная концепция и порядок работы системы, также приведен пример интерполяции участка делянки и представлена математическая модель наклона кабины

This article discusses the concept of a cabin stabilization system for a logging machine using LIDAR (Light Detection and Ranging) technology. The presented system is based on the use of a LIDAR scanner to obtain data on surface irregularities. The proposed system implies an early automatic calculation of the optimal values of the stroke of the actuators to ensure the stabilization of the cabin. The article describes the basic concept and operating procedure of the system, also provides an example of interpolation of a plot of land and presents a mathematical model of the cab tilt

Ключевые слова: СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ КАБИНЫ, ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ МАШИНА, LIDAR, ОБЛАКО ТОЧЕК

Keywords: CABIN STABILIZATION SYSTEM, LOGGING MACHINE, LIDAR, POINT CLOUD

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-194-010>

<http://ej.kubagro.ru/2023/10/pdf/10.pdf>

Введение. Лесозаготовительная отрасль играет важную роль в обеспечении древесных ресурсов для различных отраслей промышленности. Однако, безопасность и эффективность работы на лесных участках всегда оставались серьезными предметами внимания. В связи с уникальными условиями работы лесозаготовительной техники на пересечённой местности производители лесозаготовительной техники не применяют системы подвески кузова, предназначенные для грузовых автомобилей, чтобы избежать раскачивания кузова, которое может привести к опрокидыванию техники.

Это связано с тем, что обеспечение комфортных условий труда является одним из факторов, определяющих эффективность работы оператора в течение всей смены. В частности для обеспечения комфортных условий труда оператора в современных машинах применяется система стабилизации кабины. Данная система сглаживает неровности рельефа местности и удерживает кабину в горизонтальном положении, что делает работу более комфортной.

В лесозаготовительных машинах оснащенных системой стабилизации кабины, в качестве исполнительного механизма применяется двухсторонние гидроцилиндры, пример на рисунке 1 [1,2]. Угол наклона машины определяется с помощью инклинометров установленных на раме. Принцип работы системы заключается в определении в реальном времени наклона рамы и на основе этих данных определение необходимого рабочего хода исполнительных механизмов для стабилизации кабины.

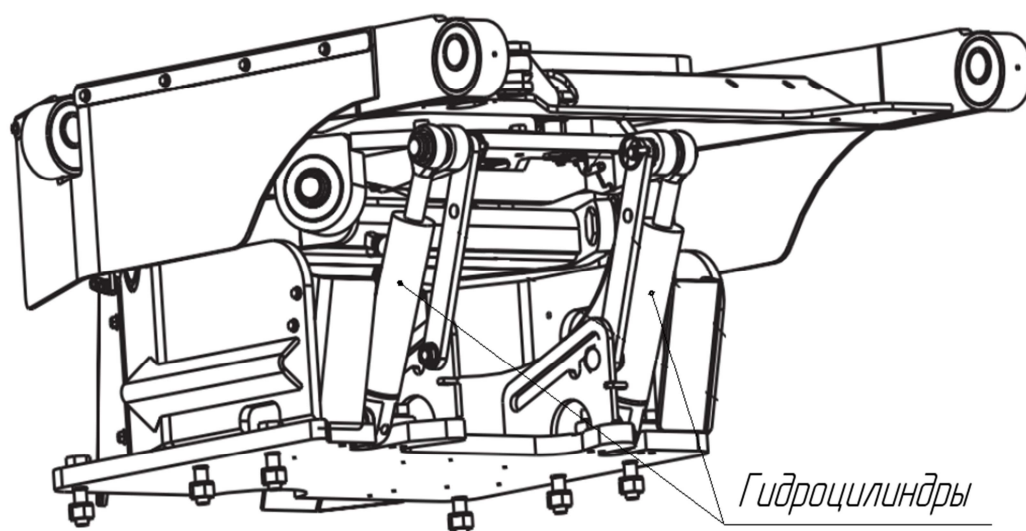


Рисунок 1 – Система стабилизации харвестера John Deere 1270D

Аналитическая часть. LIDAR (от англ. Light Detection and Ranging)

– это технология удаленного определения расстояний и параметров объектов, основанная на измерении времени прохождения лазерного импульса и отражения от поверхности. В системе LIDAR находится лазерный излучатель, который испускает лазерный импульс, а затем детектор регистрирует отраженный сигнал. Путем анализа времени задержки можно определить расстояние до объекта и сформировать облако точек. На рисунке 2 представлен пример возможного расположения лазерных сканеров LIDAR на лесозаготовительной машине.

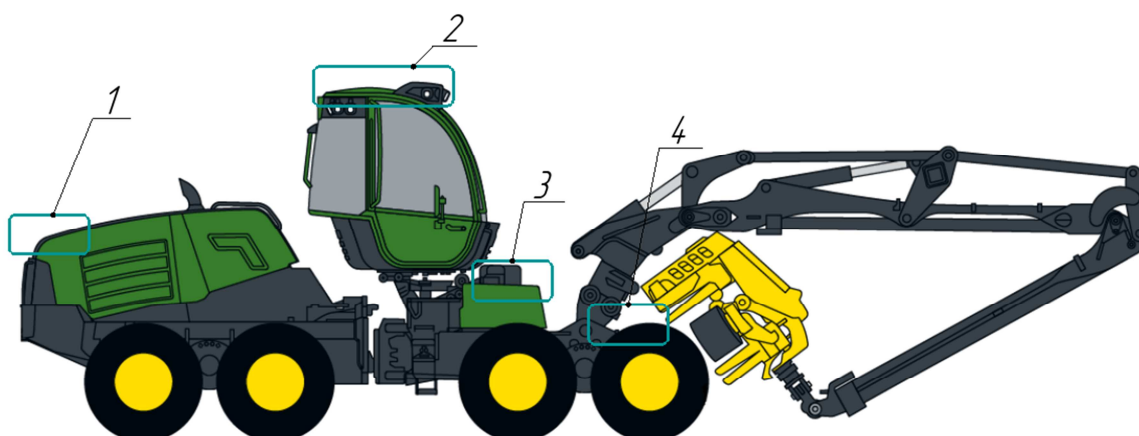


Рисунок 2 – Места расположения LIDAR

Основопологающая концепция предлагаемой системы заключается в заблаговременном определении неровностей полотна и в предопределение

наклона кабины и как следствие необходимого хода исполнительных механизмов для компенсации неровностей то есть для выравнивания кабины. Принципиальная блок схема работы системы представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Блок схема работы системы стабилизации кабины

- Под обработкой облака точек подразумевается удаление шума, а именно точек относящихся к деревьям и другим растительностям второго яруса.

- Под интерполяцией полотна подразумевается представление микропрофиля полотна в виде математической функции характеризующей неровности [3].

- Расчет наклона рамы должен быть основан на математической модели движения машины с учетом упругости грунта.

- Математическая модель наклона кабины представлена в этой статье.

На рисунке 4 представлен пример результата сканирования участка делянки с помощью лазерного сканера Livox MID-70.

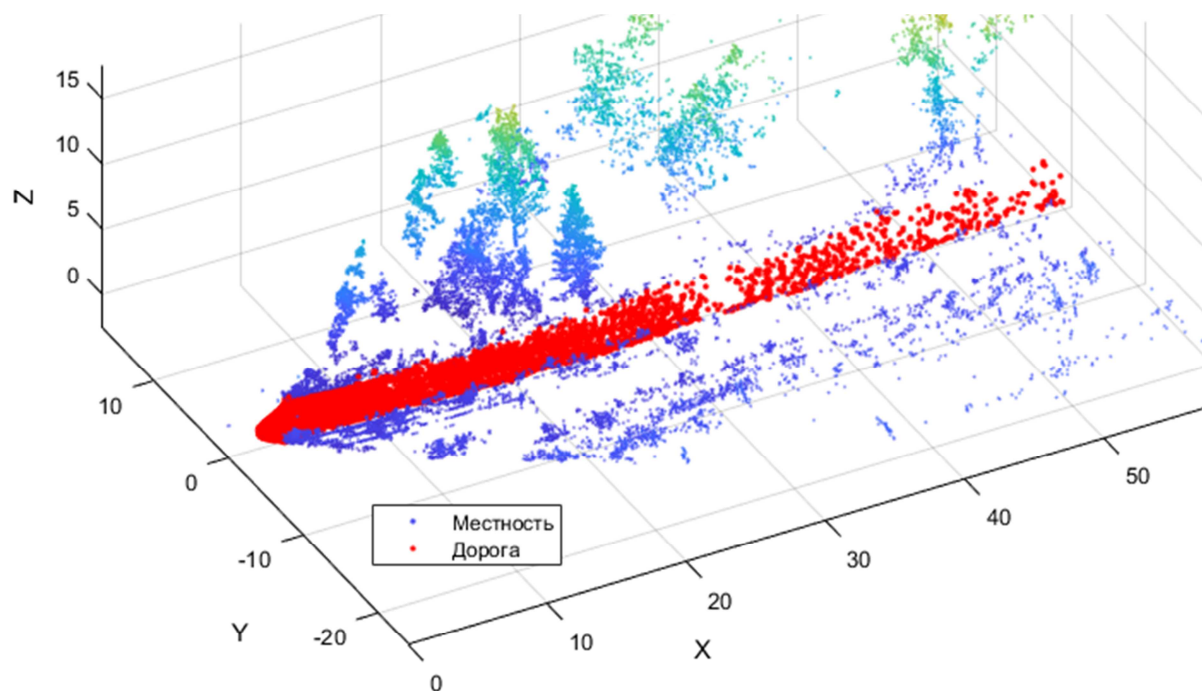


Рисунок 4 – Сканированный участок делянки

На рисунке 5 представлен результат интерполяции выделенного участка.

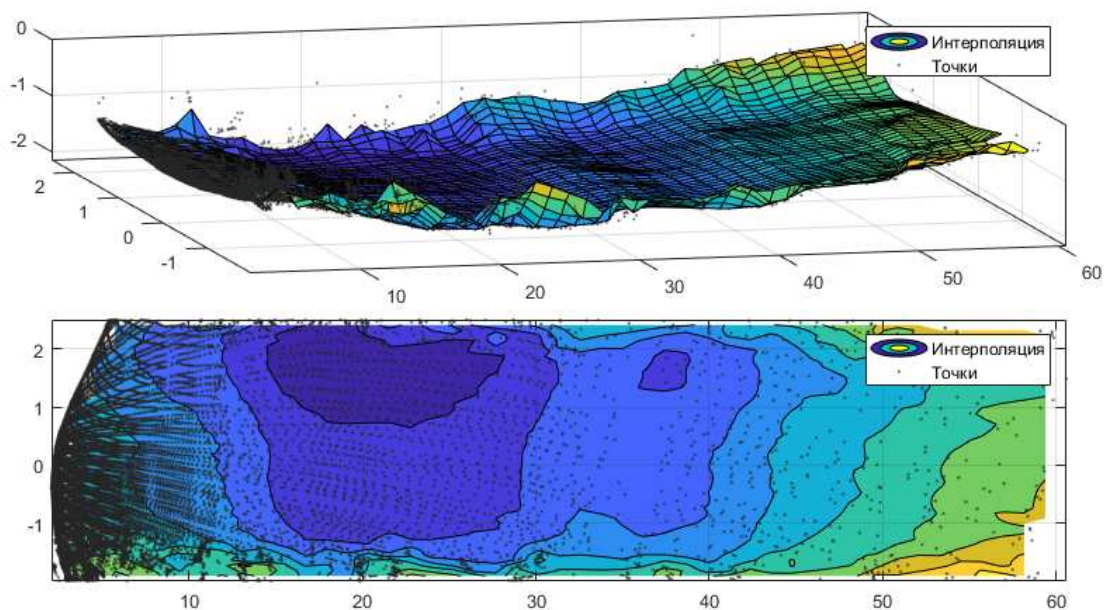


Рисунок 4 – Результат интерполяции

Практическая часть. На рисунке 5 представлена типовая трехмерная модель системы стабилизации кабины с двумя исполнительными механизмами и шарниром, обеспечивающие

контролируемый наклон кабины в продольной и горизонтальной плоскости.

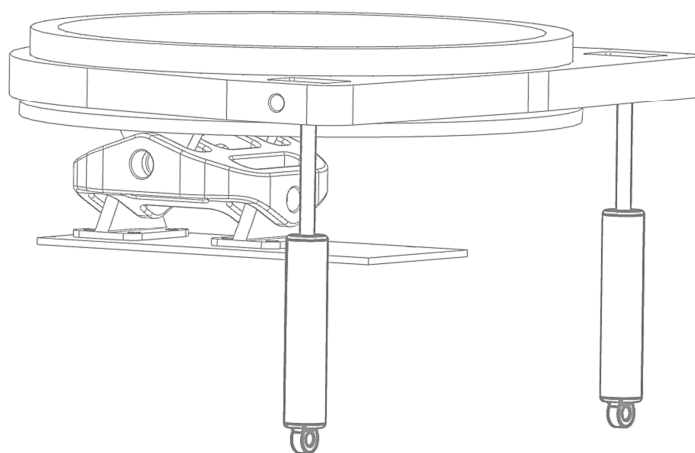


Рисунок 5 – Трехмерная модель системы стабилизации

Чтобы упростить дальнейший расчет используем кинематическую схему (рис. 6), где: O – центр системы координат; A, B, C – точки шарниров; Lu, Ru – точки крепления правого и левого исполнительного механизма к основанию кабины соответственно; Ld, Rd – точки крепления правого и левого исполнительного механизма к раме соответственно.

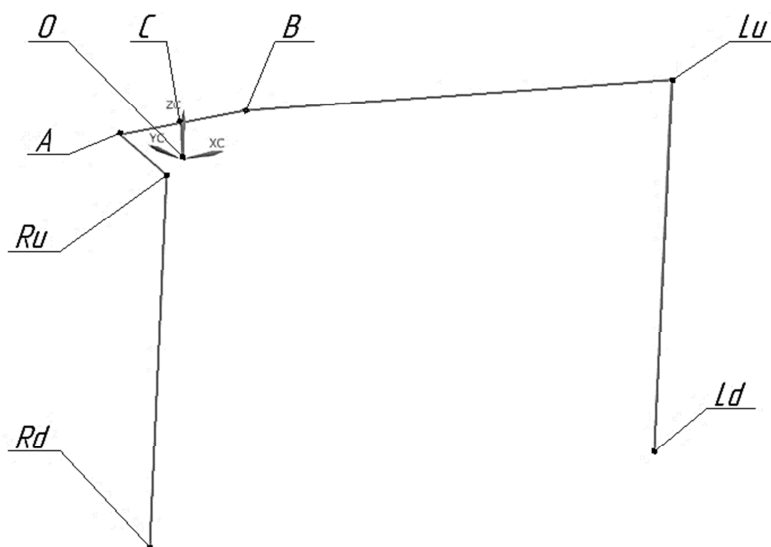


Рисунок 6 – Кинематическая схема системы стабилизации

Запишем координаты точек как вектор столбец:

$$N_i = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}.$$

На рисунке 7 показан А – продольный и Б – горизонтальный наклон кабины относительно осей вращения, в которых положительные значения углов a, b соответствует наклону по часовой стрелки.

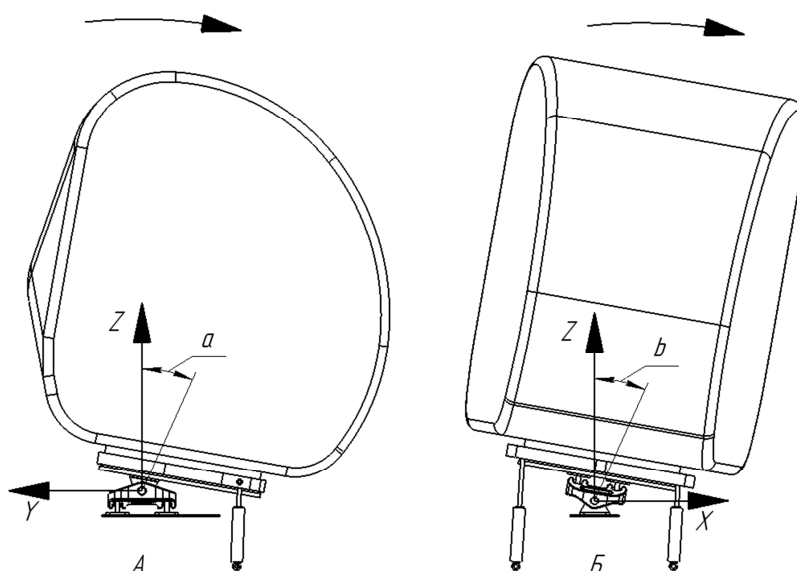


Рисунок 7 – Наклон кабины

Чтобы определить координаты точек после наклона кабины на заданные углы, нужно сначала рассчитать координаты точек в результате продольного наклона, а после в результате горизонтального наклона. Это обусловлено конструктивными особенностями узла (рис. 5).

Ось вращения в продольном направлении в данном случае соответствует оси X локальной системы координат с центром в точке C , поэтому нужно рассчитать координаты точек относительно данной системы координат. Перемещение точек в пространстве можно представить в виде функции

$$N_i'(N_i, a, b) = pov_a \cdot (pov_b \cdot (N_i - C) + C),$$

где C – координаты точки пересечения перпендикуляра от оси горизонтального поворота с осью продольного вращения; N_i – координаты

точки, записанной с помощью вектор-столбца относительно локальной системы координат.

Ниже представлены матрицы поворота, где $prova(a)$ – продольный наклон, а $provb(b)$ – горизонтальный наклон.

$$prova(a) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(a) & -\sin(a) \\ 0 & \sin(a) & \cos(a) \end{pmatrix}; provb(b) = \begin{pmatrix} \cos(b) & 0 & \sin(b) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(b) & 0 & \cos(b) \end{pmatrix}.$$

Длина рабочего хода исполнительных механизмов определяется как:

$$L = \sqrt{(Lu'_1 - Ld_1)^2 + (Lu'_2 - Ld_2)^2 + (Lu'_3 - Ld_3)^2};$$

$$R = \sqrt{(Ru'_1 - Rd_1)^2 + (Ru'_2 - Rd_2)^2 + (Ru'_3 - Rd_3)^2}.$$

где Lu', Ru' – точки крепления правого и левого исполнительного механизма к основанию кабины после поворота; Ld, Rd – точки крепления правого и левого исполнительного механизма к раме соответственно.

Заключение. Дальнейшая работа авторов направлена на создание и апробации математической модели движения шарнирно сочлененной машины с тандемными мостами с учетом деформации грунта. Стоит отметить что вместо LIDAR могут использоваться стереокамеры или аналогичные по сути устройства с помощью которых возможно сформировать массив с данными типа $[X, Y, Z]$, где X, Y, Z координаты точек в декартовой системе координат.

Благодарности: Работа была выполнена в рамках творческого объединения «Студенческое-научно-техническое общество кафедры «Транспортно-технологические средства и оборудование лесного комплекса» ЛТ-7 МФ МГТУ им Н.Э. Баумана».

Библиографический список:

1. Сюнёв В. С. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет: Учеб. пособие / В. С. Сюньёв, А.А. Селиверстов, Ю. Ю. Герасимов, А. П. Соколов. – Йюэнсуу: НИИ леса Финляндии METLA, 2011. – 143 с.

2. Голякевич, С. А. Г-63 Основы проектирования лесных машин и системы автоматизированного проектирования. Часть 1: учеб. – метод. пособие для студентов специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 01 «Машины и оборудование лесной промышленности» / С. А. Голякевич, А. Р. Гороновский. – Минск БГТУ, 2015.

3. Рогачев, Д. И. Анализ поверхности движения лесных машин на основе данных lidar / Д. И. Рогачев // Студенческая научная весна: Всероссийская студенческая конференция: сборник тезисов докладов, Москва, 01–30 апреля 2021 года. – Москва: Издательский дом «Научная библиотека», 2021. – С. 518-519. – EDN AFNFKP.

References:

1. Sjunjov V. S. Lesosechnye mashiny v fokuse bioenergetiki: konstrukcii, proektirovanie, raschet: Ucheb. posobie / V. S. Sjunjov, A.A. Seliverstov, Ju. Ju. Gerasimov, A. P. Sokolov. – Joensuu: NII lesa Finljandii METLA, 2011. – 143 с.

2. Goljakevich, S. A. G-63 Osnovy proektirovanija lesnyh mashin i sistemy avtomatizirovannogo proektirovanija. Chast' 1: ucheb. – metod. posobie dlja studentov special'nosti 1-36 05 01 «Mashiny i oborudovanie lesnogo kompleksa» specializacii 1-36 05 01 01 «Mashiny i oborudovanie lesnoj promyshlennosti» / S. A. Goljakevich, A. R. Goronovskij. – Minsk BGTU, 2015.

3. Rogachev, D. I. Analiz poverhnosti dvizhenija lesnyh mashin na osnove dannyh lidar / D. I. Rogachev // Studencheskaja nauchnaja vesna: Vserossijskaja studencheskaja konferencija: sbornik tezisov dokladov, Moskva, 01–30 aprelja 2021 goda. – Moskva: Izdatel'skij dom «Nauchnaja biblioteka», 2021. – S. 518-519. – EDN AFNFKP.