

УДК 630*383.4

П. А. Лыщик, Е. И. Бавбель, А. И. Наumenко
Белорусский государственный технологический университет
**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДОРОГ В ПРОГРАММЕ
ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Эффективность работы лесотранспорта во многом зависит от правильно установленных параметров лесохозяйственной дороги, основными из которых являются: расчетная скорость движения автомобиля; расстояние видимости поверхности дороги, расчетная нагрузка на ось, число полос движения (пропускная способность дороги).

Расчетная скорость является одним из важнейших проектных параметров. Под этим термином подразумевается максимальная безопасная скорость движения автомобилей, которая обеспечивается на всех участках дороги данной категории. От величины расчетной скорости зависит, каким должно быть расстояние видимости, ширина земляного полотна, ширина проезжей части, радиусы кривых и т. д.

На основании вышесказанного в статье отражены современные подходы к проектированию лесохозяйственных дорог, терминалов и площадок в программном комплексе ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ с учетом нормативных документов.

Приведена возможность создания растровой подложки на основе картографического материала, на базе которого строится цифровая модель рельефа. Изложены методы создания цифровой модели ситуации, включающей в себя площадные (участки земельных угодий, водоемы, населенные пункты, площадки, терминалы и т. д.), линейные (лесохозяйственные дороги, водотоки, линии электропередач и др.) и точечные объекты.

Показаны современные методы проектирования плана трассы, продольного профиля и земляного полотна с выводом рабочих чертежей.

Ключевые слова: проектирование, цифровая модель, план трассы, продольный профиль.

Для цитирования: Лыщик П. А., Бавбель Е. И., Наumenко А. И. Современные подходы к проектированию лесохозяйственных дорог в программе ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 2 (294). С. 175–181.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-18.

P. A. Lyshchik, J. I. Bavbel, A. I. Naumenko
Belarusian State Technological University

**MODERN APPROACHES TO THE DESIGN OF FORESTRY ROADS
IN THE TIM CREDO DESIGN PROGRAM**

The efficiency of a forest transport largely depends on the correctly established parameters of a forestry road, the main of which are: the estimated speed of the vehicle; the distance of visibility of the road surface; the estimated axle load, the number of lanes (road capacity).

The design speed is one of the most important design parameters. This term means the maximum safe speed of vehicles, which is ensured on all sections of the road in this category. The magnitude of the calculated speed depends on what the visibility distance should be, the width of the roadway, the width of the roadway, the radii of the curves, etc.

Considering the above, the article reflects modern approaches to the design of forestry roads, terminals and sites in the TIM CREDO DESIGN PROGRAM software package, taking into account regulatory documents. The possibility of creating a raster substrate based on cartographic material, on the basis of which a digital relief model is being built, is presented. The methods of creating a digital model of the situation are described, which includes areal (land plots, reservoirs, settlements, sites, terminals, etc.), linear (forestry roads, watercourses, power lines, etc.) and point objects.

Modern methods of designing the route plan, longitudinal profile and ground surface with output of working drawings are shown.

Keywords: design, digital model, route plan, longitudinal profile.

For citation: Lyshchik P. A., Bavbel J. I., Naumenko A. I. Modern approaches to the design of forestry roads in the TIM CREDO DESIGN PROGRAM. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 2 (294), pp. 175–181 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-18.

Введение. Современные программные средства обеспечивают комплексную автоматизацию процессов инженерных изысканий и проектирования лесохозяйственных дорог, а также сохранение результатов работы в едином электронном формате [1, 2].

В системах автоматизированного проектирования результаты инженерных полевых изысканий представляют в виде математической (цифровой) модели местности (ЦММ). При этом цифровое представление пространственных объектов соответствует топографическим картам и планам. Всю последующую информацию для проектирования (план трассы, продольный профиль дороги, поперечные профили земляного полотна, геологические разрезы и т. д.) получают на основе цифровых моделей местности. Трассирование лесохозяйственных дорог производят с учетом ситуации в районе проектируемого объекта, также отображаемой на специальной цифровой модели [3, 4].

Основная часть. Модуль ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ служит для проектирования нового строительства и реконструкции существующих лесохозяйственных дорог, а также автомобильных дорог общего пользования всех технических категорий, терминалов и площадок [5, 6].

Основой служит цифровая модель местности, созданная на участке прохождения трассы лесохозяйственной дороги.

В модуле реализовано проектирование горизонтальной и вертикальной планировки съездов, терминалов, площадок; конструирование искусственных сооружений (водопропускные трубы и малые мосты); проектирование водоотвода с поверхности проезжей части; создание ведомостей по распределению земляных масс и проектов организации дорожного движения.

Области применения модуля: проектирование, строительство и эксплуатация лесотранспортных путей.

Исходными данными для работы являются проекты, наборы проектов в виде файлов в форматах PRX, MPRX и OBX, наборы проектов формата COPLN и проекты форматов CPPGN, CPVOL, CPPGL, CPGDS, CPDRL, CPDRW.

Создание цифровой модели рельефа. При проектировании и строительстве любых объектов необходимо учитывать характер рельефа местности. Любое проектирование производится с помощью топографических карт или с использованием цифровых моделей местности.

Рельеф местности является важнейшим элементом содержания топографических карт. Рельеф любого места можно расчленить на пять основных форм: холм, впадина, хребет, седловина, лощина [4].

При изысканиях и проектировании лесохозяйственных дорог необходимо помнить о том, что характерными точками рельефа являются

вершины холмов и дно котловин (самая низкая точка – седловины), а характерными линиями (структурными линиями) рельефа – водораздел хребта и водослив лощины.

В системе ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ разработка лесохозяйственных дорог ведется на основе цифровой модели местности (ЦММ), с помощью которой получают всю последующую информацию (продольные и поперечные профили, геологические разрезы и т. д.).

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей, рельефа местности). В модуле ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ таким представлением является нерегулярная сеть треугольников (триангуляция Делоне), построенная с учетом дополнительных условий (ограничений), накладываемых используемыми структурными линиями на поле точек, которые имеют пространственные координаты и высоту [7].

Важным шагом при построении ЦМР является оцифровка карты. Процесс оцифровки заключается в последовательном указании всех объектов (точек, структурных линий, поверхностей), имеющихся на карте. При выполнении данной операции необходимо пользоваться растровой подложкой карты.

Основных точек недостаточно для построения ЦМР и при оцифровке картографического материала рельеф моделируется по горизонталям.

Определение положения водотоков выполняется с помощью создания структурной линии, совпадающей с положением русла водотока на карте. Перед созданием структурной линии необходимо создать две рельефные точки с отметками: точку в начале русла водотока и в его конце.

Создание структурной линии выполняется захватом начальной точки русла, указанием и захватом точек, определяющих положение русла водотока, и завершается захватом конечной точки русла. Начинать рекомендуется с истока. Если водоток ограничен границами растровой подложки, то указывайте точки, двигаясь от границы. Пример создания структурной линии, описывающей положение русла водотока, показан на рис. 1.

Создание цифровой модели ситуации. Цифровая модель ситуации (ЦМС) включает в себя площадные (земельные участки, терминалы, водоемы, населенные пункты, площадки, отдельные здания, сооружения и т. д.), линейные (лесохозяйственные дороги, водотоки и др.) и точечные объекты [7].

В модуле ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ все данные можно создавать и хранить в различных проектах. Цифровую модель ситуации, как правило, размещают в отдельном проекте. Каждый вид ситуационных объектов может быть размещен в отдельных слоях.

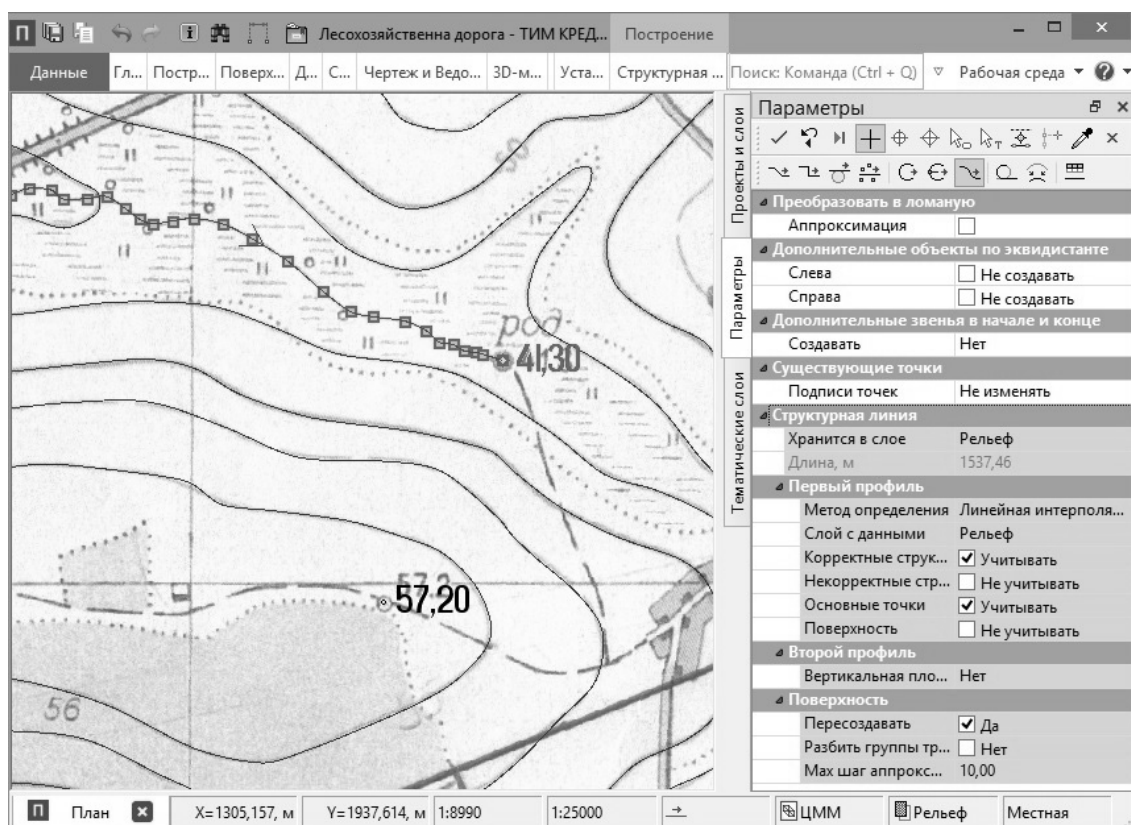


Рис. 1. Структурная линия для оцифровки водотоков

Площадные объекты ситуации применяются для нанесения на карту изображений болот, населенных пунктов, зданий, лесов и т. д. Они делятся на прямоугольные площадные объекты и объекты произвольной формы.

Проектирование плана трассы лесохозяйственной дороги. Размещение лесохозяйственных дорог должно выполняться с учетом особенностей ведения лесного хозяйства, продолжительности цикла лесохозяйственного производства, распределения объемов работ по территории лесного фонда, многократного возвращения в одни и те же участки леса в течение длительного периода, а также проведения ряда работ в определенные агротехнические сроки [8].

Главное направление магистрали лесохозяйственной дороги должно быть размещено по линии, делящей зону тяготения примерно на две равные части, и по возможности совмещено с направлениями квартальных просек [5, 8].

При проектировании плана трассы лесохозяйственной дороги должны соблюдаться основные принципы, выполняться требования действующих нормативных документов [9, 10]:

- минимальные радиусы кривых в плане;
- максимальный продольный уклон в соответствии с техническими нормами;
- трассирование по кратчайшему, если возможно, направлению между заданными пунктами (воздушная линия);

- природные условия района проложения трассы;
- ситуационные особенности района проектирования;
- варианты пересечения водотоков.

План и продольный профиль дорог следует проектировать с учетом наименьшего ограничения скорости, обеспечения безопасности движения и наилучшей защиты дорог от снежных заносов. При благоприятных местных условиях, если это технически возможно и экономически целесообразно, рекомендуется применять параметры указанные в таблице.

Рекомендуемые показатели

Показатель	Значение
Продольный уклон, %	Не более 40
Расстояние видимости поверхности дороги, м	175
Радиус кривой в плане, м	300–400
Радиус кривой в продольном профиле, м:	
выпуклый	5000
вогнутый	3000

В большинстве случаев проектирование плана трассы лесохозяйственной дороги ведется с помощью полигонального трассирования. При использовании этого метода на топографической карте строят полигон – ломаный магистральный

ход. В его изломы вписывают круговые кривые или круговые кривые с переходными кривыми [4, 11].

При проектировании трассы по принципу полигонального трассирования в первую очередь необходимо определить опорные точки магистрального хода (НТ, ВУП, КТ). Второй этап проектирования заключается в построении ломаной линии.

После создания плана трассы необходимо произвести расчет ведомости углов поворота, прямых и кривых (рис. 2).

Проектирование продольного профиля. Наиболее ответственной частью работы над продольным профилем является нанесение проектной линии. Приступая к проектированию продольного профиля, необходимо наметить основной принцип проложения проектной линии, зависящей от условий рельефа, грунтово-геологических, гидрологических факторов и категории дороги [12–14].

В условиях равнинного рельефа проектную линию наиболее целесообразно назначать по обертывающей с возвышением бровки земляного полотна отдельных участков на величину, рекомендуемую техническими условиями, в зависимости от климатических, грунтовых и гидрологических условий [3].

На пересеченной местности или при наличии участков с уклонами местности, большими, чем допустимые по нормам для данной дороги, возникает необходимость проектирования по принципу секущей.

На лесохозяйственных дорогах оптимальной является обертывающая проектная линия. Земляное полотно следует проектировать в насыпях, сводя к минимуму участки дорог с выемками.

Основными принципами положения проектной линии продольного профиля независимо от метода проектирования являются:

1) соблюдение технических норм проектирования: максимальный продольный уклон, минимальные радиусы вертикальных кривых;

2) обеспечение минимальных объемов земляных работ и рационального распределения земляных масс;

3) прохождение проектной линии через контрольные точки: водопропускные трубы, мосты, путепроводы;

4) ограничение длин участков с предельными уклонами;

5) обеспечение зрительной плавности и ясности трассы, удобства и безопасности движения.

В модуле ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ применяются два метода проектирования продольного профиля [1, 2, 7, 15].

1. Метод автоматизированного проектирования, или оптимизация, который предусматривает программный контроль соблюдения требований проектировщика по минимально допустимым радиусам, максимально допустимому продольному уклону и контрольным точкам (рис. 3).

2. Метод конструирования проектной линии по контрольным точкам и элементам. Контроль соблюдения требований возлагается на проектировщика (рис. 3).

Эскизная линия – это линия желаемого проектного решения продольного профиля, которая может не учитывать технические нормы [10].

При описании эскизной линии дорога может быть разделена на участки, учитывая контрольные точки. На одних участках профиль эскизной линии можно определять рабочими отметками, на других – интерактивно геометрическими элементами (параболами). При этом линия может быть не состыкована ни по уклонам, ни по радиусам, поскольку она – только эскиз проектного решения [7, 14].

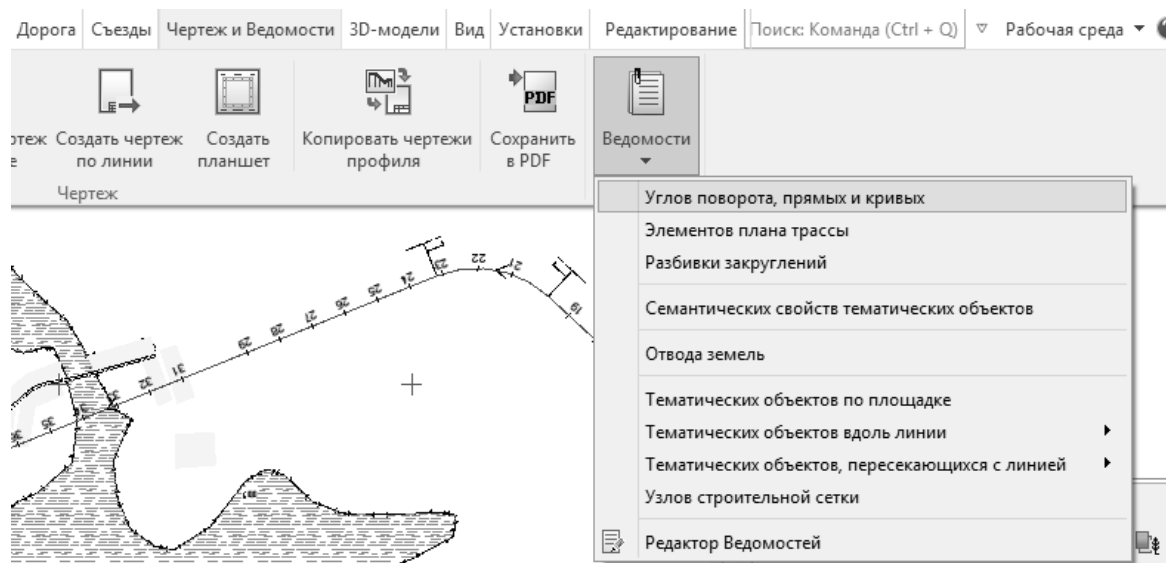


Рис. 2. Вид меню Чертеж и Ведомости

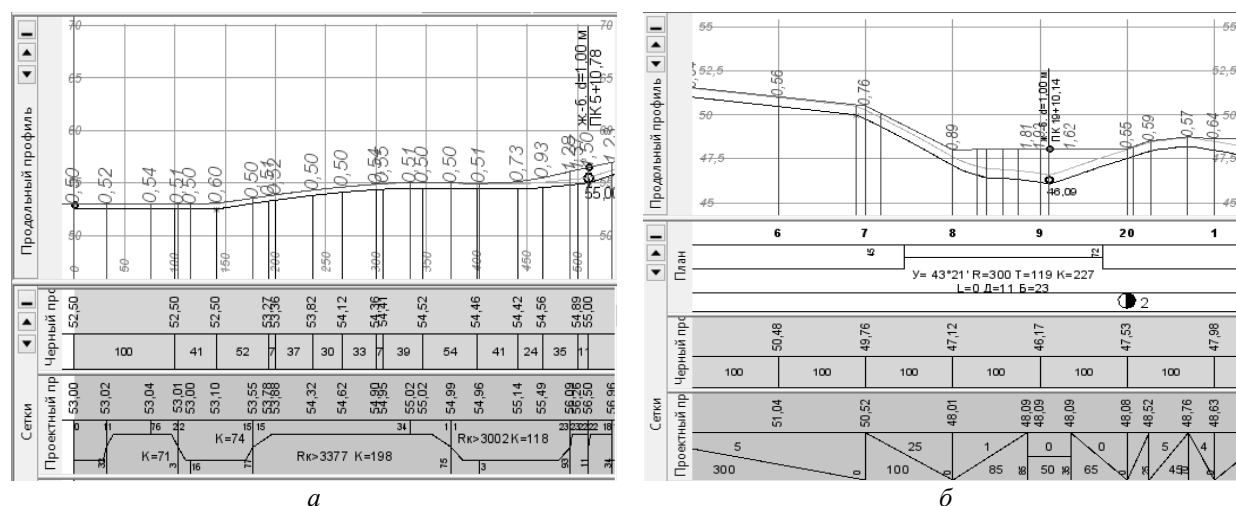


Рис. 3. Результат проектирования проектного профиля:

а – метод автоматизированного проектирования;

б – метод конструирования проектной линии по контрольным точкам и элементам

Оптимизация профиля – это автоматизированное проектирование продольного профиля трассы лесохозяйственной дороги с минимизацией объемов работ и при удовлетворении нормативным ограничениям по уклонам, радиусам, видимости, а также контрольным и руководящим отметкам.

В модуле ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ представлены два метода оптимизации проектного профиля: Экспресс-Оптимизация (быстрое определение проектного профиля) и Сплайн-Оптимизация (усложненный метод, обеспечивающий более высокую геометрическую плавность и эксплуатационную ровность) [2, 12].

В целях снижения затрат на подготовку земляного полотна в насыпи рабочую отметку на дорогах круглогодочного действия следует назначать не менее 0,5 м, что устраняет необходимость снятия

растительного слоя и корчевки пней. Проектная линия имеет вид сопрягающихся прямых с последующим вписыванием (разбивкой) на переломах продольного профиля вертикальных выпуклых и вогнутых кривых.

Заключение. Модуль ТИМ КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ позволяет создавать цифровые модели местности лесных территорий, решать на их основе задачи проектирования лесохозяйственных дорог, терминалов и площадок, а также получать в итоге цифровую модель дорожного объекта.

При создании цифровой модели проекта происходит передача в план результатов проектирования в профиле.

Цифровая модель проекта может использоваться для дальнейшего проектирования, выпуска чертежей и визуализации проектных решений.

Список литературы

1. Лыщик П. А., Бавбель Е. И. Инновационные технологии в проектировании лесных дорог // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 3, ч. 3 (8–3). С. 196–198.
2. Бавбель Е. И., Лыщик П. А., Науменко А. И. Использование новой версии программы ТИМ КРЕДО при проектировании лесных автомобильных дорог // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 88-й науч.-техн. конф. проф.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 29 янв. – 16 февр. 2024 г. Минск, 2024. С. 73–75.
3. Лыщик П. А., Бавбель Е. И., Науменко А. И. Основные принципы развития сети лесных автомобильных дорог // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2020. № 1 (228). С. 125–130.
4. Бавбель Е. И., Лыщик П. А., Науменко А. И. Создание опорной сети лесных дорог на основе ГИС-технологий // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 апр. 2017 г. Минск, 2017. С. 140–144.
5. Бавбель Е. И., Лыщик П. А. Обоснование размещения лесотранспортных сетей // Известия вузов. Лесной журнал. 2009. Вып. 4. С. 82–88.
6. Лыщик П. А., Бавбель Е. И., Науменко А. И. Особенности проектирования лесных автомобильных дорог на основе ГИС-технологий // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–9 дек. 2022 г. Минск, 2022. С. 100–105.

7. Бавбель Е. И. Экспериментальный проект транспортной сети ГЛХУ «Червенский лесхоз» Натальевского лесничества // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. 2009. Вып. XVII. С. 56–60.
8. Bavbel J. I., Lyshchik P. A. Designing of the road network in wood of the second group // Materials, Methods and Technology. International Scientific Publications. Bulgaria: Info Invest, 2007. Vol. 1. P. 49–59.
9. Лесохозяйственные дороги. Нормы и правила устройства: ТКП 500-2016 (33090). Минск: М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 2016. 91 с.
10. Бавбель Е. И., Лыщик П. А. Проектирование лесных дорог на основе ТКП 500 «Лесные автомобильные дороги. Нормы проектирования и правила устройства» // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ: материалы Междунар. науч.-техн. конф. в рамках Междунар. молодеж. форума по лесопромышленному образованию «Лес – Наука – Инновации – 2018», Минск, 13–16 нояб. 2018 г., Минск. 2018. С. 16–20.
11. Environmental impact assessment of wood ash utilization in forest road construction and maintenance – A field study / E. Oburger [et al.] // Science of The Total Environment. 2016. P. 711–721.
12. Третьяков В. В., Бавбель Е. И. Проектирование и строительство лесохозяйственных автомобильных дорог в Республике Беларусь // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–9 дек. 2022 г. Минск, 2022. С. 60–67.
13. Bohrn G., Stampfer K. Untreated Wood Ash as a Structural Stabilizing Material in Forest Roads // Croatian Journal of Forest Engineering. 2014. P. 81–89.
14. Design of forest energy supply networks using multi-objective optimization / C. Kanzian [et al.] // Biomass bioengineering. 2013. P. 294–302.
15. Короленя Р. О., Бавбель Е. И., Лашенко А. П. Решение и анализ задач оптимизации студентами направления специальности 1-46 01 01-02 «Лесная инженерия и логистическая инфраструктура лесного комплекса (логистические системы и инфраструктура лесного комплекса)» // Состояние и перспективы развития лесного комплекса в странах СНГ: сб. ст. II Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–9 дек. 2022 г. Минск, 2022. С. 255–258.

References

1. Lyshchik P. A., Bavbel J. I. Innovative technologies in the design of forest roads. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice], 2014, vol. 2, no. 3, part 3 (8–3), pp. 196–198 (In Russian).
2. Bavbel J. I., Lyshchik P. A., Naumenko A. I. Using the new version of the TIM CREDO program in the design of forest highways. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: materialy 88-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forestry Engineering, Materials Science and Design: materials of the 88th Scientific and Technical Conference of faculty, researchers and postgraduates (with international participation)]. Minsk, 2024, pp. 73–75 (In Russian).
3. Lyshchik P. A., Bavbel J. I., Naumenko A. I. Basic principles of the development of the forest highway network. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 1 (228), pp. 125–130 (In Russian).
4. Bavbel J. I., Lyshchik P. A., Naumenko A. I. The creation of a support network of forest roads on the basis of GIS-technologies. *Lesozagotovitel'noye proizvodstvo: problemy i resheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Logging production: problems and solutions: materials of the international scientific and technical conference]. Minsk, 2017, pp. 140–144 (In Russian).
5. Bavbel J. I., Lyshchik P. A. Justification of placement of forest transport networks. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [News of universities. Forest journal], 2009, no. 4, pp. 82–88 (In Russian).
6. Lyshchik P. A., Bavbel J. I., Naumenko A. I. Features of designing forest highways based on GIS technologies. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya lesnogo kompleksa v stranakh SNG: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [The state and prospects of development of the forest complex in the CIS countries: collection of articles of the II International scientific and technical conference]. Minsk, 2022, pp. 100–105 (In Russian).
7. Bavbel J. I. Experimental project of the transport network of GLHU “Chervensky forestry” of Natalyevsky forestry. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2009, no. XVII, pp. 56–60 (In Russian).
8. Bavbel J. I., Lyshchik P. A. Designing of the road network in wood of the second group. *Materials, Methods and Technology. International Scientific Publications*. Bulgaria, Info Invest Publ., 2007, vol. 1, pp. 49–59.
9. ТКП 500-2016 (33090). Wood highways. Norms and device rules. Minsk, Ministry of Forestry of the Republic of Belarus Publ., 2016. 91 p. (In Russian).

10. Bavbel J. I., Lyshik P. A. Design of forest roads on the basis of the TKP 500 “Forest road. Design rules and device rules”. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya lesnogo kompleksa v stranakh SNG: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii v ramkakh Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma po lesopromyshlennomu obrazovaniyu “Les – Nauka – Innovatsii – 2018”* [State and prospects of development of the forest complex in the CIS countries: materials of the International scientific and technical conference within the framework of the International youth forum on forestry education “Forest – Science – Innovation – 2018”]. Minsk, 2018, pp. 16–20 (In Russian).

11. Oburger E., Jager A., Pasch A., Dellantonio A., Stampfer K., Wenzel W. Environmental impact assessment of wood ash utilization in forest road construction and maintenance – A field study. *Science of The Total Environment*, 2016, pp. 711–721.

12. Tretyakov V. V., Bavbel E. I. Design and construction of forestry highways in the Republic of Belarus. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya lesnogo kompleksa v stranakh SNG: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [The state and prospects of development of the forest complex in the CIS countries: collection of articles of the II International scientific and technical conference]. Minsk, 2022, pp. 60–67 (In Russian).

13. Bohrn G., Stampfer K. Untreated Wood Ash as a Structural Stabilizing Material in Forest Roads. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2014, pp. 81–89.

14. Kanzian C., Kuhmaier M., Zazgornik J., Stampfer K. Design of forest energy supply networks using multi-objective optimization. *Biomass bioengineering*, 2013, pp. 294–302.

15. Korolenya R. O., Bavbel E. I., Lashchenko A. P. Solving and analyzing optimization problems by students of specialty 1-46 01 01-02 “Forest engineering and logistics infrastructure of the forest complex (logistics systems and infrastructure of the forest complex)”. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya lesnogo kompleksa v stranakh SNG: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [The state and prospects of development of the forest complex in the CIS countries: collection of articles of the II International scientific and technical conference]. Minsk, 2022, pp. 255–258 (In Russian).

Информация об авторах

Лышик Петр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lyshchik@belstu.by

Бавбель Евгения Ивановна – кандидат технических наук, доцент, старший преподаватель кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: bavbel-ji@belstu.by

Науменко Андрей Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ig@belstu.by

Information about the authors

Lyshchik Petr Alekseevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lyshchik @belstu.by

Bavbel Jane Ivanovna – PhD (Engineering), Associate Professor, assistant lecturer, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bavbel-ji@belstu.by

Naumenko Andrey Ivanovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Engineering Drawing. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ig@belstu.by

Поступила 17.03.2025