

## Раздел 2. Строительство

УДК 625.7/8: 658.51

### ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ И ЗАТРАТ РЕСУРСОВ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЭТАПА УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ЗАЛЕСЕННОЙ МЕСТНОСТИ

Журавлев<sup>1</sup> П. А., Марукян<sup>2</sup> А. М., Сборщиков<sup>3</sup> С. Б.<sup>1,2,3</sup> НИУ МГСУ Московский государственный строительный университет».

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: <sup>1</sup>pazh@yandex.ru, <sup>2</sup>A8874316@yandex.ru, <sup>3</sup>tous2004@mail.ru

**Аннотация.** Особенности природно-климатических условий и свойств территорий, определяют выработку проектных решений, обеспечивающих требуемую эксплуатационную надежность проектируемых автомобильных дорог. Обеспечение прочности и долговечности дорожной одежды в значительной степени достигается прочностью и неизменностью земляного полотна, качеством производства земляных работ, рациональным (обоснованным) размещением в основании земляного полотна грунтов, с требуемыми физико-механическими свойствами, минимизирующими процесс перехода в состояние неустойчивого равновесия, что является одной из причин деформации земляного полотна на слабом основании. Процесс принятия проектного решения, учитывающего удаление и замену (частичную или полную) слабого грунта, либо включение мероприятий, обеспечивающих устойчивость основания и слоев земляного полотна, осуществляется на основании технико-экономического обоснования и сравнения вариантов. Определяющими критериями принятия обоснованного технического решения являются количественные и стоимостные показатели выполняемых объемов подготовительных и земляных работ по устройству и укреплению основания земляного полотна. Принимая во внимание отсутствие нормативных показателей, учитывающих глубину разработки грунта при корчевке пней и требований по удалению корневых систем при прохождении трассы по залесенной местности, предложен подход, позволяющий оценить количественные показатели выполнения земляных работ и затрат ресурсов в рамках подготовительного этапа к строительству. Сущностью подхода состоит в организации, проведении и фиксации пробной корчевки корневых систем деревьев, произрастающих на типовом выбранном лесном участке (с документальным фото и видео подтверждением, оформлением актов освидетельствования и фиксации технических параметров), с целью выявления влияния (функциональной зависимости) видов произрастающих деревьев, пространственного распространения (залегания) основной массы удаляемых корневых систем, используемых средств механизации на глубину разработки (вскрыши) слоя грунта и определения объемов работ по выемке и засыпке замещаемого грунта в основании насыпи земляного полотна.

**Предмет исследования.** Проектные решения подготовительного этапа строительства линейного объекта, учитывающие особенности и специфику производства работ, оказывающие влияние на объем земляных работ по выемке и засыпке замещаемого грунта в основании земляного полотна. Рассматриваемые в исследовании проектные решения относятся к подготовительному этапу прокладки трассы линейного объекта по залесенной местности.

**Материалы и методы.** Исследовались условия и факторы, влияющие на процесс выработки и принятия проектных решений подготовительного этапа устройства земляного полотна автомобильных дорог, проходящих по залесенной местности. Метод исследования – структурный и функциональный анализ.

**Результаты:** Рассмотрены факторы и условия строительного производства, влияющие на определение количественных параметров производства земляных работ в составе проектных решений по устройству насыпи земляного полотна. Проанализированы свойства (условия) природной среды (залесенной местности), характеристики пространственного распространения корневых систем древесных пород, нормативные показатели снятия плодородного слоя в зависимости от типов почв, а также требования к организации работ по подготовке основания земляного полотна, включая расчистку от древесно-кустарниковой растительности.

**Выводы:** Сформулированы условия, принятия обоснованных технических решений проектной, рабочей и организационно-технологической документации, связанных с количественными показателями выполнения земляных работ по удалению корневых систем деревьев и замещению слабого грунта в основании земляного полотна при прохождении трассы автомобильной дороги через залесенную местность. Предложен подход, представляющий основание для корректировки технических решений подготовительного этапа устройства земляного полотна, включающий проведение пробной корчевки, произрастающих на ближайшем лесном участке деревьев с выявлением и фиксацией глубины распространения основных корневых систем.

**Ключевые слова:** организация строительного производства, подготовительные и земляные работы, основание земляного полотна автомобильной дороги, корневые системы деревьев, корчевка пней, замещение слабого грунта, организационно-технологическая документация.

## ВВЕДЕНИЕ

В своей деятельности человечество оказывает негативное влияние на окружающую среду. В результате развития нашей цивилизации, роста технологии производства, требующего новых ресурсов для переработки и потребления, освоения новых территорий, воздействие человека на

природную территорию часто приводит к тому, что внешний вид планеты претерпевает значительные изменения: осушаются и пересыхают реки и озера, вырубаются леса, на месте равнин появляются новые города и заводы, обуславливающие потребность в создании новых транспортных путей и инженерных коммуникаций.

Негативное влияние выражается в уничтожении больших площадей лесов, посредством их вырубки

в целях развития транспортной отрасли, загрязнении территорий и атмосферы посредством использования химических удобрений, промышленных выбросов [1,2]. Техногенные катастрофы, возникающие в стремительно растущих городах и промышленных центрах, способны нанести необратимый вред не просто отдельным видам флоры и фауны, но и целым районам планеты.

Несмотря на то что, транспортные и инфраструктурные проекты занимают ключевое место в социально-экономическом развитии государства, особенно важно учитывать негативное воздействие инженерных сооружений на окружающие территории, выраженное, в том числе, в нарушении природных ландшафтов, путем отчуждения площадей (территорий), занимаемых непосредственно земляным полотном автомобильной дороги, мостами и путепроводами, объектами транспортной (дорожной) инфраструктуры, а также путем изменения режима стока поверхностных и грунтовых вод, и непосредственно рубки лесов [3].

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно положениям Лесного кодекса Российской Федерации, подлежат рекультивации:

- земли, которые использовались для строительства, реконструкции и (или) эксплуатации объектов, не связанных с созданием лесной инфраструктуры;

- земли, на которых расположены леса, и которые подверглись загрязнению и иному негативному воздействию.

ГОСТ Р 57446-2017 регламентирует перечень земель и земельных участков, подлежащих рекультивации, в том числе нарушенных:

- при реорганизации производственных и загрязненных городских территорий и изменении их целевого назначения и разрешенного использования;

- земель сельскохозяйственного назначения или земельных участков в составе таких земель, предоставляемых на период осуществления строительства дорог, линий электропередачи, линий связи (в том числе линейно-кабельных сооружений), нефтепроводов, газопроводов и иных трубопроводов);

- при прокладке трубопроводов, проведении строительных, мелиоративных, лесозаготовительных, геологоразведочных, испытательных, эксплуатационных, проектно-изыскательских и иных работ, связанных с нарушением почвенного покрова.

В соответствии с Правилами проведения рекультивации и консервации земель, утвержденными постановлением Правительства РФ от 10 июня 2018 № 800, рекультивация земель, консервация земель осуществляются путем проведения технических и (или) биологических мероприятий. В составе технических мероприятий

осуществляется планировка, формирование откосов, снятие поверхностного слоя почвы, а также нанесение плодородного слоя почвы.

Автомобильная дорога, как линейное инженерное сооружение, постоянно находится под воздействием неблагоприятных условий эксплуатации, взаимодействует с различными типами грунтов естественного залегания, подвергается многократному воздействию динамических нагрузок, размыву потоком текущей воды и набуханию в результате его замерзания [4,5].

Конструкция дорожной одежды автомобильной дороги, уложенная на поверхность земляного полотна, включает в себя несколько слоев из различных материалов, обладая необходимой прочностью, шероховатостью, должна обеспечивать условия для безопасного движения автомобилей с расчетными скоростями вне зависимости от рельефа и состояния подстилающего грунта (рабочего слоя земляного полотна) [6,7].

При строительстве автомобильных дорог в неблагоприятных климатических и сложных грунтово-гидрологических условиях возникает проблема обеспечения требуемой эксплуатационной надежности.

Прочность и долговечность дорожной одежды в значительной степени зависят от прочности и неизменности земляного полотна, от качественного производства земляных работ, рационального размещения в теле основания дорожного покрытия грунтов, различных по своим физико-механическим свойствам, достижения необходимой плотности и влажности грунтов [8-10].

Гипотеза данного исследования заключается в усмотрении влияния условий природной среды (территорий) на формирование свойств и характеристик, определяющих эксплуатационную надежность и устойчивость основания дорожного полотна, и на количественные показатели объемов выполнения подготовительных и земляных работ, связанных с удалением корневых систем деревьев и замещением карьерным песком, укреплением слабого грунта в основании земляного полотна.

Принимая во внимание отсутствие нормативных показателей, учитывающих глубину разработки грунта при корчевке пней и удалении корневых систем при прохождении трассы по залесенной местности, актуальной задачей является выработка критериев, позволяющих подтвердить количественные показатели выполнения земляных работ в рамках подготовительного этапа к строительству.

Цель исследования – на основе нормативно-технических требований сформулировать условия (основания), определяющие выработку обоснованных технических решений, связанных с количественными показателями объемов подготовительных и земляных работ по удалению корневых систем деревьев и замещению слабого грунта в основании земляного полотна.

Задачи исследования:

- выявление условий природной среды (характеристик, свойств), а также нормативных требований к производству работ при устройстве основания земляного полотна;

- анализ требований к культуртехническим работам, в том числе, связанным с корчевкой пней при освоении залесенных земель;

- обзор пространственного распространения корневых систем деревьев, оказывающих влияние на глубину корчевки;

- определение условий, учитывающих организационно-технологические особенности производства работ, влияющих на количественные показатели объемов подготовительных и земляных работ, при устройстве основания насыпи линейного объекта.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В ходе исследования осуществлена оценка условий, влияющих на процесс выработки и принятия технических решений по устройству автомобильных дорог, проходящих по залесенной местности, и их отражение в составе проектной документации. Проведен анализ свойств (условий и характеристик) природной среды (залесенной местности), а также требований к организации работ подготовительного этапа по расчистке территории от древесно-кустарниковой растительности при подготовке основания земляного полотна. Представлен анализ пространственной распространенности корневых систем древесных пород, а также нормативные показатели снятия плодородного слоя, в зависимости от типов почв, что влияет на объемы земляных работ по выемке и засыпке грунтов, укреплению основания дороги. Метод исследования – структурный и функциональный анализ.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ**

Качественно построенная автодорога должна соответствовать необходимым стандартам, так как это является залогом безопасности и комфорта не только водителей, но и пешеходов.

До этапа составления проектной документации проводятся геологические изыскания на местности, где предполагается прохождение автомобильной дороги. Особенно большое значение имеет исследование участков трассы, которые проходят по болотистым, залесенным территориям, а также оползневым участкам.

Специфика инженерно-геологических изысканий при строительстве автодорог определяется такими факторами, как:

- высота насыпи на том или ином участке дороги;
- вид используемого дорожного полотна;
- глубина выемки для обустройства дороги;
- категория автотрассы;
- свойства грунта на местности, по которой проходит или будет проходить линейный объект;

- природно-климатические условия местности;

- возможность использования грунтового материала, образующегося в ходе земляных работ.

Благодаря инженерно-геологическим исследованиям, устанавливаются особенности геоморфологического строения почвы, дорожно-климатическая зона и другие явления, влияющие впоследствии на ход строительства и эксплуатации автодороги.

На этапе проектирования, основываясь на анализе материалов предпроектной проработки [11,12], полученных результатах инженерных изысканий, выполняется трассировка автомобильной дороги, с поиском наиболее оптимального варианта прохождения, учитывая экономические аспекты, расходы на строительство и содержание дороги, а также тот факт, что значительная часть расходов приходится на выемку и засыпку грунтов, укрепление основания дороги.

Важная составная часть проектной документации - раздел, посвященный организации строительства. Для обеспечения своевременного ввода в действие строящихся объектов с наименьшими затратами и высоким качеством, организация дорожно-строительных работ должна соответствовать требованиям раздела «Проект организации строительства» (ПОС), которые затем детализируются в проекте производства работ (ППР). Соблюдение указанных требований, закреплено ГОСТ Р 58769-2019.

ПОС содержит предписания к работам, которые будет проводить подрядная организация, описывая меры по безопасности проведения работ, оптимальное использование строительной площадки, последовательность технологических процессов, возникающих в тех или иных ситуациях (особенностях) реализации строительного производства.

При прохождении трассы через залесенную местность, дорожную полосу и площадки, отведенные для карьеров, резервов, зданий и сооружений расчищают от леса, кустарника, пней, порубочных остатков, камней.

В состав этапа подготовки территории к строительству входит оформление порубочного билета и или разрешения на пересадку зеленых насаждений, при наличии дендроплана и акта обследования зеленых насаждений (перечетной ведомости зеленых насаждений). Согласно ОДМ 218.8.012-2019, порядок оформления актов обследования и процедуры выдачи разрешений на вырубку определяют органы местного самоуправления, в соответствии с административными регламентами. К примеру, Правилами создания, содержания и охраны зеленых насаждений и природных сообществ города Москвы, утвержденными постановлением Правительства Москвы от 10 сентября 2002 г. № 743-ПП, регламентируется составление перечетной ведомости зеленых насаждений (по форме приложения № 15), подлежащих сохранению, пересадке и вырубке на высоте 1,3 м от земли. К

обработке почвы на вырубленных участках приступают только после очистки от порубочных остатков и раскорчевки пней.

Следует акцентировать, что нормативно не закреплены показатели глубин залегания корневых систем деревьев. Как следствие, фактические глубины залегания корневых систем деревьев при расчистке земель от древесно-кустарниковой растительности, корчевке пней напрямую влияют на формирование объемов работ подготовительного этапа и расходов по выемке и засыпке грунтов, а также укреплению основания дороги.

По причине наиболее широкого распространения березовых древостоев на территории России, уделим внимание этой древесной породе. Обычно она участвует в качестве примеси к широколиственным или хвойным породам в самом разном сочетании в различных типах лесорастительных условий. Особенности формирования пространственного строения корневой системы березы, являются влажность, богатство почвы, средообразующее влияние (размеры почвенного пространства, в котором размещается корневая система). Как следствие, объемы работ, связанные с корчевкой пней и удалением корней, объемы восполняемого и уплотняемого грунта будут находиться в прямой зависимости от пространственного строения корневой системы березы.

Оценивая корневые системы древесных пород березы, ели, сосны и липы по показателю компактности в возрасте около 25-30 лет, у березы этот показатель наибольший и составляет 32,8—39,9 м/м<sup>3</sup>, в то время как у ели, сосны и липы - 14,2—22 м/м<sup>3</sup>, что свидетельствует об активном росте (развитии) корневой системы березы в указанные годы [13].

В условиях свежей дубравы на среднедернованных среднеподзолистых почвах в сосново-березовых насаждениях I класса бонитета, полнотой 0,8 корни березы имеют 10—15 хорошо развитых горизонтальных корней первого порядка, образующих в верхних горизонтах почвы густую сеть скелетных, полускелетных и всасывающих корней. В 27-летнем возрасте длина горизонтальных корней первого порядка достигает 8,05 м, диаметр 13,6 см. Стержневые корни развиты слабо, проникают в глубь почвы на 95 - 115 см. У большинства деревьев наблюдается большое количество хорошо развитых вертикальных ответвлений от горизонтальных корней, некоторые из них проникают в почву на большую глубину по сравнению со стержневыми корнями. Отмечается, что протяженность скелетных корней горизонтальной ориентации и их ответвлений зависит от группы роста дерева [14].

Считается, что на глубину проникновения корней влияет характер почвы [15, 16]. На легких песчаных почвах корни березы проникают на глубину до 2,5 м.

Если оценивать распределение массы корней березы в толще почвогрунта, то имеются следующие данные:

- по данным Старикова Ю.А. [16] корневая система березы (88,7%) в возрасте 18 - 20 лет располагается на глубине 0-40 см.

- по данным Рахтеенко И.Н. [18] основная масса корней березы (75%) содержится в слое почвы на глубине 50-60 см. Так же автором показано, что корневые системы разных пород при смешении проникают в почвогрунт глубже, чем в чистых культурах. В смешанных ельях лесах глубина корневой системы березы достигает 120 см.

Таким образом, на основании приведенных данных, пространственное распределение корневой системы березы характеризуется высокой напряженностью распространения, как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях, и свидетельствует о глубине проникновения основной массы корневых систем в среднем до 60-80 см.

Учитывая широкое распространение, морфологию корневой системы древесных пород (главной лесообразующей породы), образующей лесной массив, требования технических норм СП 45.13330, СП 82.13330, регламентируют:

- расчистку территории валкой деревьев;
- удаление и выкорчевку деревьев, кустарника, пней и их корней;
- удаление обрывков корней из растительного слоя сразу же после уборки территории от пней и бревен;
- удаление травяной и болотной растительности;
- срезку почвенно-растительного слоя, заторфованного, илистого и другого;
- удаление верхнего разуплотненного (разжиженного), промерзшего слоя грунта;
- снятие плодородного слоя.

Аналогичные требования регламентирует СП 78.13330, в соответствии с которым подготовка основания земляного полотна включает снятие плодородного грунта на установленную проектом толщину со всей поверхности, занимаемой земляным полотном, резервами и другими сооружениями и сложение в валы вдоль границ дорожной полосы или в штабели в специально отведенных местах.

В соответствии с экологическими требованиями к производству земляных работ (СП 45.13330) необходимость снятия и мощность снимаемого плодородного слоя устанавливаются в ПОС с учетом уровня плодородия, природной зоны в соответствии с требованиями действующих стандартов, а также в особо сложных условиях (взрывание вблизи железных дорог, магистральных трубопроводов, мостов, тоннелей, линий электропередачи и связи, работ в условиях необходимости сохранения законтурного массива, а также взрывание при устройстве выемок на косогорах крутизной более 20° и на оползнеопасных склонах), при этом в проектной документации должны быть предусмотрены технические и

организационные решения по безопасности взрывов.

Также, запрещается использовать плодородный слой почвы для устройства перемычек, подсыпок и других постоянных и временных земляных сооружений.

Следует отметить, что определение плодородия почвы осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.3.06-85, которые включают:

- определение показателей состава и свойств плодородного слоя почвы;
- использование крупномасштабных почвенных карт.

Вместе с тем, требования, регламентированные ГОСТ 17.5.3.06-85, определяют норму снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ для дальнейшего использования его на малопродуктивных угодьях и рекультивируемых землях. Так диапазон глубин снятия плодородного слоя почвы для приведенных типов почв (бурые лесные, светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые лесные) составляет от 20 до 80 см.

Таким образом, если в процессе проектирования и производства работ не были своевременно зафиксированы усредненные диаметры стволов (на высоте 1,3 м от земли) по видам произрастающих древостоев и соответствующие им глубины залегания скелетных корневых систем, то необходимо проведение экспериментальной корчевки деревьев, произрастающих на ближайшем лесном участке, с установлением следующих исходных данных:

- выбранных типовых лесных участков;
- видов произрастающих деревьев;
- усредненных диаметров стволов по видам деревьев, или без конкретизации видов по участку в целом,
- используемых для корчевки механизмов, соответствующих проектной документации.

На основании указанных исходных данных организуется проведение фото-видеозаписи (фиксации), оформление хронометража глубин снятия плодородного слоя почвы, при пробной корчевке корневых систем соответствующим механизмом и составление требуемых актов освидетельствования.

Требование СП 45.13330 к производству работ по устройству насыпей и обратных засыпок, регламентирует использование местных крупнообломочных, песчаных, глинистых грунтов, а также экологически чистых отходов промышленных производств, аналогичных по виду и составу грунтам природного происхождения, отвечающим соответствующим требованиям, приведенным в СП. В свою очередь, грунты в основании, не соответствующие в природном залегании требуемой проектной плотности и водонепроницаемости, следует заменить или доуплотнить с помощью уплотняющих средств.

Аналогичные требования регламентирует Пособие по проектированию земляного полотна

автомобильных дорог на слабых грунтах (далее – Пособие). Таким образом, в случае выявления (обнаружения) на основании инженерно-геологических изысканий данных о наличии (залегании) слабых грунтов в основании будущей насыпи (под плодородным слоем), то согласно указанного Пособия, в основу проектных решений по проектированию земляного полотна автомобильных дорог могут быть положены следующие принципы:

- удаление слабого грунта и замена его или применение эстакад;
- использование слабого грунта в качестве основания насыпи с применением мероприятий, обеспечивающих устойчивость основания и ускорение его осадки, а также прочность дорожной одежды, сооружаемой на таком земляном полотне.

Проектное решение, учитывающее удаление и замену (частичную или полную) слабого грунта, либо включение мероприятий, обеспечивающих устойчивость основания и ускорение его осадки, принимается в соответствии с технико-экономическим обоснованием и сравнением вариантов.

Учитывая вышеизложенное, при проектировании конструкций земляного полотна автомобильной дороги, на участках залесенной местности, должна учитываться информация о глубине (толщине) снятия (распространения) плодородного слоя почвы, глубине проникновения основной массы корневых систем древесной растительности, требующих удаления, а также зависящие от указанных условий объемы работ и затраты по разработке, транспортировке (с учетом разрыхления) плодородного слоя (выносу за пределы участка освоения), в том числе затраты по восполнению (в том числе засыпке подкорневых ям) изъятого плодородного слоя с заменой (с учетом показателей разрыхления) на грунты основания дорожной одежды, обеспечивающие требуемую несущую способность.

При проектировании автомобильных дорог необходимо учитывать региональные особенности территорий. На участках залегания слабых грунтов обоснование выбора конструкции земляного полотна, включая основание, базируется на:

- материалах подробного инженерно-геологического обследования грунтовой толщи на участках залегания слабых грунтов, включая данные по мощности отдельных слоев и расположению их в плане и по глубине, а также данные по расчетным значениям физико-механических характеристик грунтов этих слоев, положению уровня грунтовых вод и т.п.;

- исходных данных по проектируемой насыпи (высота и другие геометрические параметры, а также свойства грунтов, укладываемых в насыпь), расчетные условия движения и данные по особенностям условий эксплуатации;

- результатах инженерных расчетов, обосновывающих принятую конструкцию;

- указаниях по порядку сооружения запроектированной конструкции.

В этой связи, в целях обеспечения работ в установленные сроки с высоким качеством, гарантирующим надежность и устойчивость земляного полотна при эксплуатации дороги, выполняется (разрабатывается) организационно-технологическая документация.

ППР уточняет и детализирует решения, принятые в ПОС, изменяя только в том случае, если это ведет к сокращению сроков строительства и улучшению качества земляного полотна.

Особое внимание при составлении ППР уделяется, в том числе:

- уточнению распределения земляных масс на основе возможного изменения условий отвода земель;
- уточнению методов работ, выбору средств механизации и комплектования с учетом количества и структуры парка машин и механизмов строительной организации;
- детальному расчету потребности трудовых и материально-технических ресурсов;
- разработке детальных календарных планов использования машин и механизмов;
- привязке типовых технологических карт и разработке новых карт на сложные виды работ и на работы, выполняемые по новым методам или новыми машинами;
- составлению схем операционного контроля качества;
- разработке мероприятий по круглогодичному ведению земляных работ;
- разработке мероприятий по защите окружающей среды.

Согласно ГОСТ Р 58769-2019 разработка ППР для дорог с низкой интенсивностью движения осуществляется с учетом, в том числе:

- соблюдения правил по технике безопасности, требований по взрывной, взрывопожарной и пожарной безопасности в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами для автомобильных дорог общего пользования;
- выполнения запроектированных мероприятий по охране природы и рекультивации сельскохозяйственных земель и лесных угодий, нарушенных при производстве строительных работ.

Учитывая, что земляные работы являются важной частью единого технологического комплекса работ по сооружению автомобильной дороги, замена слабого грунта (отказ от использования слабого грунта природного залегания), либо его использование, как следствие, способствующее в некоторых случаях снижению стоимости и трудоемкости выполнения работ, должна быть обоснована технико-экономическим анализом, в конкретных условиях.

Пояснительная записка к ППР должна содержать, в том числе, сведения о сосредоточенных резервах грунта (их местоположение), характеристики (в соответствии с

потребностью) основных дорожно-строительных материалов, изделий и конструкций, в том числе материалов, заготавливаемых в осенне-зимний период (ГОСТ Р 58769-2019).

При этом, нормы отвода земель, предназначенных для размещения карьеров (сосредоточенных резервов) грунта и предоставляемых во временное пользование, определяются расчетным путем при подготовке проектной документации с учетом требуемого объема грунта, возможной глубины разработки, толщины вскрыши, вероятного недобора грунта в карьере, а также с учетом проекта рекультивации (постановление Правительства Российской Федерации от 02.09.2009 № 717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса»).

В то же время, следует учитывать организационно-технологические особенности производства работ при разработке грунта в зимнее время: как при разработке грунта в сосредоточенных резервах (с выделением (при необходимости) объемов сосредоточенных работ и приведением способов их производства), так и при производстве дорожно-строительных работ при подготовке к устройству насыпи или выемки [19-22]. Из общего объема дорожно-строительных работ выделяют работы, подлежащие выполнению в зимнее время, и приводят специальные указания по их производству.

Глубина промерзания грунта зависит от многочисленных факторов и их сочетаний: выпадения и толщины снежного покрова, срока наступления и устойчивости сильных морозов, влажности грунта, температуры воздуха, действия ветра, характера поверхностного покрова грунта и др.

Исходя из того, что разработка мерзлого грунта экскаваторами возможна при небольшой глубине промерзания (от 10 до 40 см в зависимости от объема ковша экскаватора), для увеличения производительности экскаватора применяют следующие способы (мероприятия):

- оснащение сменными ковшами активного действия, с использованием ударных блоков (пневмомолоты-зубья);
- проходку траншей роторными экскаваторами на глубину 0,7-0,8 м;
- предварительное рыхление, а также комплекс мероприятий по оттаиванию мерзлого грунта (отогреванию электричеством с применением электродов);
- мероприятия по предохранению грунта от промерзания:
  - покрытие поверхности грунта теплоизолирующими материалами (при значительных площадях - создание на поверхности снегового покрова; обвалованием с применением дешевых местных утеплителей (торф, сухой мох, листья, опилки);

- химический способ обработки с использованием хлористого натрия при разработке песчаных и глинистых грунтов.

Таким образом, при замене слабых грунтов в основании земляного полотна требования к расчистке полосы отвода устанавливаются решениями проектной, рабочей и организационно-технологической документации с учётом метода их замены и типов применяемых машин, включая обеспечение мест отвала вынутого грунта и способа его вывозки.

## ВЫВОДЫ

Определяющими условиями (основаниями) принятия обоснованных технических решений, связанных с количественными показателями объемов подготовительных и земляных работ по устройству основания земляного полотна, являются: тип почв разновидности древостоев, глубина пространственного распространения основных корневых систем деревьев, подлежащих корчевке, организационно-технологические условия производства работ.

Учитывая, что технические решения, формируемые проектной и рабочей документацией, детализируются, дополняются и корректируются в составе организационно-технологической документацией с учетом фактических условий производства, специфики и видов выполняемых работ, как следствие, представленный в исследовании подход, позволяет в случае наличия существенных расхождений объемов земляных работ по устройству основания земляного полотна, включая объемы по корчевке и замене слабых грунтов, обосновать потребность в корректировке объемов выполненных работ на основании соответственно оформленной организационно-технологической документации.

Сущностью подхода состоит в проведении пробной корчевки корневых систем деревьев, произрастающих на типовом выбранном лесном участке (с документальным фото и видео подтверждением, оформлением актов освидетельствования и фиксации технических параметров), с целью выявления влияния (функциональной зависимости) видов произрастающих деревьев, пространственного распространения (залегания) основной массы удаляемых корневых систем, используемых средств механизации на глубину разработки (вскрыши) слоя грунта и объемы работ по выемке и засыпке замещаемого грунта в основании насыпи земляного полотна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олейничева Е.В., Зиновьева И.С. Антропогенное воздействие на леса // Успехи современного естествознания. 2012. № 4. - С. 191-193.
2. Ковыршина Е.И. Вырубка лесов вследствие незаконного перевода земель лесного фонда в земли иных категорий // Проблемы экономики и юридической практики. 2017. №1. - С. 125-128.
3. Москвина М.В. Оценка ущерба природной среде на примере строительства автомобильной дороги // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2018. №3. - С. 89-91.
4. Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А. Использование лесных ресурсов в России // Хвойные бореальной зоны. 2016. №1-2 Вып. 34. - С. 56-60.
5. Моттаева А. Б. Планирование и моделирование региональной транспортной инфраструктуры // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2020. № 3. - С. 101-108.
6. Косов М.Е. Государственная поддержка транспорта и дорожного хозяйства, повышение их эффективности // Вестник экономической безопасности. 2019, №4. - С. 295-304.
7. Вишневецкий А.В., Стетюха В.А. Деформации дорожного полотна на структурно-неустойчивых грунтах // Вестник Забайкальского государственного университета. 2018. vol. 24. № 10. - С. 411.
8. Азаров В.Н., Побегайлов О.А., Бенайша Ф.А., Германова К.В. Новые организационно-технологические решения при строительстве периферийных дорог // Вестник Евразийской науки, 2019 №3, <https://esj.today/PDF/37SAVN319.pdf> (доступ свободный).
9. Афиногенов О.П., Афиногенов А.О., Серякова А.А. Влияние степени уплотнения грунтов на величину их модуля упругости // Вестник КузГТУ. 2014. №3 (103). - С. 110-114.
10. Воробьев В. С., Пак Е. Л. Влияние физико-механических характеристик грунта земляного полотна на образование деформаций дорожной одежды // Вестник ТГАСУ. 2017. № 1. - С. 190-198.
11. Журавлев П.А., Марукян А.М. Особенности предпроектных проработок в инвестиционно-строительной деятельности (Часть 1) // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО «АГАСУ». 2021. № 3 (37). - С. 10-16.
12. Журавлев П.А., Марукян А.М. Особенности предпроектных проработок в инвестиционно-строительной деятельности (Часть 2) // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО «АГАСУ». 2022. № 1 (39). - С. 47-52.

13. Подольский В. П., Глагольев А. А., Нгуен Фьонг Нгок. Разработка мероприятий для обеспечения климатической устойчивости автомобильных дорог на слабых основаниях // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 4. - С. 46-52.

14. Савельева Л.С. Срастание корневых систем древесных пород. – М: Лесная промышленность. 1969. - 72 с.

15. Калинин М.И. Корневедение. - М: Экология. 1991. - 173 с.

16. Mauer, O. The role of root system in silver birch (*Betula pendula* Roth) dieback in the air-polluted area of Krusne hory Mts. / O. Mauer, E. Palatova // Journal of forest science/ - 2033. - № 49 (5). - P. 191-199., 132 Polomski, J. Root systems / J. Polomski, N. Kuhn. - Bern: Paul Haupt AG, 1998. - 290 p.

17. Стариков Ю.А. Особенности роста корневых систем некоторых древесных пород в питомниках // Лесное хозяйство. - № 12. - С. 28-30.

18. Рахтеенко И.Н., Якушев Б.И., Мартинович Б.С. Корневое питание растений в фитоценозах. - Минск: Наука и техника, 1971. – 250 с.

19. Сборщиков С. Б., Журавлев П. А. Организация и технология ремонтно-строительных работ // Общество с ограниченной ответственностью "Стройинформиздат". Москва. 2021. – 225 с.

20. Сборщиков С. Б., Ермолаев Е. Е., Журавлев П. А. Технология строительных процессов: Учебно-методическое пособие. НИУ МГСУ. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Стройинформиздат". 2021. - 242 с.

21. Ескалиев М.Ж., Мухаметзянов З.Р. Исследования современного состояния вопроса разработки организационно-технологических решений при строительстве объектов // Экономика строительства. 2022. № 2. - С. 52-60.

22. Кабанов А.В. Совершенствование системы организационно-технологического проектирования при строительстве крупных транспортных объектов // Вестник гражданских инженеров. 2007. № 4(13). - С. 49-54.

5. Mottaeva A.B. Planning and modelling of regional transport infrastructure. In: Bulletin of Moscow Region State University. Series: Economics. 2020. No. 3. Pp. 101-108. (in Russian).

6. Kosov M.E. State support of transport and road facilities, increasing their efficiency // Bulletin of Economic Security. 2019. No. 4. Pp. 295-304. (in Russian).

7. Vishnevsky A., Stetjuha V. Deformation of roadbed on structurally unstable soils // Transbaikal State University Journal, 2018, vol. 24. No. 10. Pp. 411. (in Russian).

8. Azarov V.N., Pobegyalov O.A., Benaicha F.A., Germanova K.V. (2019). New organizational and technological solutions in the construction of peripheral roads. The Eurasian Scientific Journal, [online] 3(11). Available at: <https://esj.today/PDF/37SAVN319.pdf> (in Russian).

9. Afinogenov O. P., Afinogenov A. O., Seryakova A. A. Influence of the degree of soil compaction on the value of their modulus of elasticity // Bulletin of KuzSTU. 2014. No. 3 (103). Pp. 110-114. (in Russian).

10. Vorobiyov V. S., Pak E. L. Vestnik TGASU (Bulletin of the Tomsk State Architecture and Construction University), 2017, No.1. Pp. 190-198. (in Russian).

11. Zhuravlev P.A., Marukyan A.M. Features of pre-project studies in investment and construction activities (Part 1) // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea: scientific and technical journal. Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Astrakhan: GAOU AO "AGASU". 2021. № 3 (37). pp. 10-16. (In Russ.).

12. Zhuravlev P.A., Marukyan A.M. Features of pre-project studies in investment and construction activities (Part 2) // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea: scientific and technical journal. Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Astrakhan: GAOU AO "AGASU". 2022. № 1 (39). pp. 47-52. (In Russ.).

13. Podolsky V. P., Glagoliev A. A., Nguen Fyong Ngok. Sovremennye naukoemkie tehnologii (Modern knowledge-intensive technologies). 2016. No. 4. Pp. 46-52. (in Russian).

14. Savelyeva L.S. Fusion of root systems of tree species. – М: Forest industry. 1969. 72 p.

15. Kalinin M.I. Kornevedenie. - М: Ecology. 1991. 173 p.

16. Mauer, O. The role of rot system in silver birch (*Betula pendula* Roth) dieback in the air-polluted area of Krusne hory Mts. / O. Mauer, E. Palatova // Journal of forest science/ - 2033. - № 49 (5). - P. 191-199., 132 Polomski, J. Root systems / J. Polomski, N. Kuhn. - Bern: Paul Haupt AG, 1998. - 290 p.

17. Starikov Yu.A. Features of the growth of root systems of some tree species in nurseries // Forestry. No. 12. - pp. 28-30. (in Russian).

18. Rakhteenko I.N., Yakushev B.I., Martinovich B.S. Root nutrition of plants in phytocenoses. - Minsk: Science and Technology 1971. – 250 p. (in Russian).

## REFERENCES

1. Alenicheva E.V., Zinovieva I.S. Anthropogenic impact on forests // Successes of modern natural science. 2012. No. 4. Pp. 191-193. (in Russian).

2. Kovyrshina E.I. Deforestation due to illegal transfer of forest fund lands to lands of other categories // Problems of economics and legal practice. 2017. No. 1. Pp. 125-128. (in Russian).

3. Moskvina M.V. Assessment of damage to the natural environment by the example of the construction of a highway // International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral". 2018. No. 3. Pp. 89-91. (in Russian).

4. Karpachev V.P., Perevilin A.I., Andrias A.A. The use of forest resources in Russia // Coniferous boreal zones. 2016. No. 1-2 Issue 34. Pp. 56-60. (in Russian).

19. Sborshchikov S. B., Zhuravlev P. A. Organization and technology of repair and construction works // Limited Liability Company "Stroyinformizdat". Moscow. 2021. – 225 p. (in Russian).

20. Sborshchikov S. B., Ermolaev E.E., Zhuravlev P. A. Technology of construction processes: Educational and methodical manual. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). – Moscow: Stroyinformizdat Limited Liability Company. 2021. - 242 p. (in Russian).

21. Eskaliev M.Zh., Mukhametzyanov Z.R. Studies of the current state of the issue of the development of organizational and technological solutions in the construction of facilities // Economics of construction. 2022. No. 2. Pp. 52-60. (in Russian).

22. Kabanov A.V. Improving the system of organizational and technological design in the construction of large transport facilities // Bulletin of Civil Engineers. 2007. No. 4(13). Pp. 49-54. (in Russian).

## ASSESSMENT OF THE VOLUME AND COST OF RESOURCES OF THE PREPARATORY STAGE OF THE FOUNDATION OF THE ROADBED IN THE FORESTED AREA

Zhuravlev<sup>1</sup> P. A., Marukyan<sup>2</sup> A.M., Sobshchikov<sup>3</sup> S.B.

<sup>1,2,3</sup>Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);  
26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation.

E-mail: <sup>1</sup>pazh@yandex.ru, <sup>2</sup>A8874316@yandex.ru, <sup>3</sup>tous2004@mail.ru

**Abstract.** The peculiarities of natural and climatic conditions and properties of territories determine the development of design solutions that ensure the required operational reliability of the projected highways. Ensuring the strength and durability of the pavement is largely achieved by the strength and immutability of the roadbed, the quality of excavation, rational (reasonable) placement of soils in the base of the roadbed, with the required physical and mechanical properties that minimize the process of transition to a state of unstable equilibrium, which is one of the reasons for the deformation of the roadbed on a weak foundation. The process of making a design decision that takes into account the removal and replacement (partial or complete) of weak soil, or the inclusion of measures to ensure the stability of the foundation and the layers of the roadbed, is carried out on the basis of a feasibility study and comparison of options. The determining criteria for making a sound technical decision are the quantitative and cost indicators of the volumes of preparatory and excavation work performed on the construction and strengthening of the foundation of the roadbed. Taking into account the absence of normative indicators that take into account the depth of soil development during the uprooting of stumps and the requirements for removing root systems during the passage of the route through forested terrain, an approach is proposed that allows us to assess the quantitative indicators of excavation and resource costs in the preparatory stage for construction. The essence of the approach consists in organizing, conducting and fixing trial uprooting of root systems of trees growing on a typical selected forest plot (with documentary photo and video confirmation, registration of inspection certificates and fixing of technical parameters), in order to identify the influence (functional dependence) of the types of growing trees, spatial distribution (occurrence) of the bulk of the root systems being removed, the means of mechanization used for the depth of development (stripping) of the soil layer and determining the scope of work on excavation and filling of the replaced soil at the base of the embankment of the roadbed.

**Subject of research.** The subject of research is the design solutions of the preparatory stage of the construction of a linear object, taking into account the features and specifics of the work, affecting the amount of excavation work on excavation and filling of the replaced soil at the base of the roadbed. The design solutions considered in the study relate to the preparatory stage of laying the route of a linear object in a wooded area.

**Materials and methods.** The conditions and factors influencing the process of developing and making design decisions of the preparatory stage of the construction of the roadbed of highways passing through forested terrain were studied. The research method is structural and functional analysis.

**Results:** The factors and conditions of construction production affecting the determination of quantitative parameters of the production of earthworks as part of design solutions for the construction of the embankment of the roadbed are considered. The properties (conditions) of the natural environment (forested area), the characteristics of the spatial distribution of the root systems of tree species, the normative indicators of the removal of the fertile layer depending on the types of soils, as well as the requirements for the organization of work on the preparation of the foundation of the roadbed, including clearing of tree and shrub vegetation, are analyzed.

**Conclusions:** The conditions are formulated for the adoption of sound technical decisions of design, working and organizational and technological documentation related to the quantitative indicators of excavation work to remove the root systems of trees and replace weak soil at the base of the roadbed during the passage of the highway route through the forested area. An approach is proposed that provides a basis for adjusting the technical solutions of the preparatory stage of the construction of the roadbed, including conducting a trial uprooting of trees growing in the nearest forest area with the identification and fixation of the depth of distribution of the main root systems.

**Key words:** organization of construction production, preparatory and excavation works, foundation of the roadbed, root systems of trees, stump uprooting, replacement of weak soil, organizational and technological documentation.