

Анализ условий эксплуатации и обоснование транспортных схем в условиях строительства лесовозных автомобильных дорог

И.А. Гарус^а, П.М. Огар^б, Е.М. Рунова^с

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^аivan-garus@yandex.ru, ^бogar@brstu.ru, ^сrunova@rambler.ru

^а<https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>, ^б<https://orcid.org/0000-0001-7717-9377>, ^с<https://orcid.org/0000-0001-6178-4038>

Статья поступила 10.09.2020, принята 21.09.2020

Один из существенных показателей, который характеризует нарастающее значение строительства лесовозных автомобильных дорог, — это динамика строительных работ. Высокие темпы нарастания строительства обуславливают необходимость ускоренного развития производственных мощностей. Усовершенствование отраслевой и внутриотраслевой структуры формирования производственных мощностей обеспечит выполнение основной задачи в области строительства лесовозных автомобильных дорог — повышение эффективности и соблюдение сроков сдачи готовых строительных объектов с высоким качеством выполнения. Комплектование парка машин при строительстве лесовозных автомобильных дорог необходимо производить с учетом перспективных дорожных конструкций, региональных особенностей и заданных темпов роста производительности труда. Это должно базироваться на расчетных значениях производительности машин. Однако в действительности часто наблюдается значительное отклонение от этих средних норм, что существенно влияет на эффективность использования парка машин и определяет необходимость разработки методик для комплектования парков дорожно-строительных машин с учетом экономических и природно-климатических условий районов лесозаготовки. Многообразие природных условий, дорожных конструкций и условий работ, разумеется, требует и соответственного разнообразия моделей машин. Вопрос подбора оптимального состава машинного парка при строительстве лесовозных автомобильных дорог приобретает особую актуальность в связи с ускоренным строительством лесовозных автомобильных дорог. Технические особенности строительства требуют высокой степени механизации выполнения отдельных видов работ при значительном увеличении объемов на линейном километре строящейся лесовозной автомобильной дороги и ускоренных темпов строительства. Отыскание оптимальных решений в большинстве случаев целесообразно производить методами программирования с использованием современных информационных технологий.

Ключевые слова: эксплуатация; обоснование; лесовозные автомобильные дороги; транспортные схемы; анализ.

Analysis of operating conditions and justification of transport schemes in the construction of timber roads

I.A. Garus^а, P.M. Ogar^б, E.M. Runova^с

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^аivan-garus@yandex.ru, ^бogar@brstu.ru, ^сrunova@rambler.ru

^а<https://orcid.org/0000-0003-4575-6584>, ^б<https://orcid.org/0000-0001-7717-9377>, ^с<https://orcid.org/0000-0001-6178-4038>

Received 10.09.2020, accepted 21.09.2020

One of the essential indicators that characterizes the growing importance of the construction of timber haul roads is the dynamics of construction work. The high rates of growth in construction necessitate the accelerated development of production capacities. Such an improvement in the sectoral and intra-sectoral structure of the formation of production capacities, to ensure the fulfillment of the main task, in the construction of timber roads - to increase efficiency and to hand over finished construction projects with high quality performance within a certain time frame. The acquisition of the fleet of cars during the construction of timber roads must be carried out taking into account the promising road structures, regional characteristics and the given growth rates of labor productivity. This work should be based on the estimated performance of the machines. However, in reality, there is often a significant deviation from these average standards, which significantly affects the efficiency of the fleet. This determines the need to develop methods for the acquisition of parks of road-building machines, taking into account the economic and climatic conditions of the logging areas. The variety of natural conditions, road structures and work conditions, of course, requires a corresponding variety of machine models. The issue of selecting the optimal composition of the machine park during the construction of timber-carrying roads is of particular relevance in connection with the accelerated construction of timber-carrying highways. The technical features of construction require a high degree of mechanization for the performance of certain types of work, with a significant increase in volumes on a linear kilometer of a timber haul road under construction and an accelerated pace of construction. In most cases, it is advisable to find optimal solutions using programming methods using modern information technologies.

Keywords: operation; justification; timber highways; transport schemes; analysis.

Введение. Строительство лесовозных автомобильных дорог представляет собой сложную динамическую систему с изменяющимися условиями производства работ. Особую трудность представляет процесс возведения земляного полотна вследствие весьма неравномерного распределения объемов работ по длине трассы и их разнообразия, требующего различной технологии выполнения работ. Сам процесс выполнения работ играет первостепенную роль и зависит от многих стабильных и меняющихся во времени факторов и условий, имеющих вероятностный характер [1; 3; 6].

До последнего времени вопросы, связанные с оптимизацией использования машин и комплексов в условиях районов лесозаготовок, не выделялись в какую-либо самостоятельную научную теорию. Однако в нынешних условиях, ввиду значительного усложнения и повышения требований к строительству, возникла необходимость разработки целенаправленной научной теории комплектования машин и комплексов машин, основных определяющих принципов и методов формирования этих комплексов.

Решение такой задачи с применением традиционных методов проектирования и управления строительством лесовозных автомобильных дорог очень сложно, а в некоторых случаях невозможно. Никакой специалист в этой области строительства, как бы он ни был подготовлен и опытен, не может из огромного числа возможных вариантов выбрать оптимальный, руководствуясь только опытом.

В решении задачи организации строительства большое место занимает вопрос формирования оптимальных составов парков дорожно-строительной техники. Возможность выбора наиболее эффективного варианта комплексной механизации определяется степенью насыщенности парка машинами. Недостаток или излишек машин, а также необоснованная структура парка отрицательно сказывается на основных экономических показателях деятельности предприятий лесного комплекса.

Оптимальным следует считать парк такой структуры, которая обеспечивает выполнение планового задания в срок при наименьших затратах и максимально полном использовании машин.

Оптимальная структура парка и оптимальный состав комплексного отряда должны основываться на оптимальном плане использования машин, рассчитанном исходя из конкретных условий работы на объекте и существующих машин.

Признак оптимальности — это достижение экстремального значения функцией, принятой в качестве критерия. Наиболее важные характеристики критерия оптимальности согласно [2; 4; 5] следующие:

- критерий оптимальности должен измерять подлинную эффективность выбранного варианта;
- критерий должен выражаться количественно;
- критерий оптимальности для решаемой задачи должен быть один;
- критерий должен иметь физический смысл, что делает его понятным и осязаемым;
- значения критерия должны определяться достаточно точно и быстро, без больших затрат времени;
- критерий должен охватить все существующие стороны решаемой задачи.

Выбор критерия неразрывно связан с определением наиболее существенных ограничений — условий. Чем полнее учтены условия, определяющие функционирование реальной системы, тем ближе результат к истинному значению. Вместе с тем, чтобы оптимизация задачи по избранному критерию могла быть практически разрешимой, следует всегда стремиться к необходимому минимуму ограничений, допускающих определенную количественную оценку и, по возможности, имеющих физический смысл [7; 9; 11].

Развитие информационных технологий, выражающееся в значительном увеличении их быстродействия и возможности решать задачи большого объема, в сочетании с экономико-математическими методами, которые получили широкое применение при решении задач производства современной экономики, позволяют перейти от методов вариантного проектирования к оптимизационным расчетам. В последние годы как в РФ, так и за рубежом опубликовано большое число работ, посвященных практическому применению методов математического программирования [8].

Говоря об оптимизации дорожно-строительного парка машин с использованием современных методов математического программирования, нельзя не отметить большой вклад, который внесли в теорию оптимизации дорожно-строительных работ такие ученые, как Н.И. Иванов, М.С. Будников, В.М. Сиденко, А.М. Арсеньев, П.И. Сорокин, А.В. Скрынников, Е.В. Кондрашова, С.В. Дорохин, Е.В. Чернышова и др.

Надо отметить, что, несмотря на острую необходимость обеспечения строительства лесовозных автомобильных дорог в условиях районов лесозаготовок научно-обоснованной методикой оптимизации состава дорожно-строительного парка с учетом грунто-климатических, дорожных и экономических характеристик региона строительства, настоящая работа является одной из первых попыток в этой области при строительстве линейно-протяженных объектов [10; 12].

На этапе проектирования дорожных машин определение основных технических параметров и

режимов работы в зависимости от условий эксплуатации является важным фактором повышения качества машин и эффективного их применения. Необходимо, чтобы параметры и режимы работы машин соответствовали наиболее вероятным условиям, в которых они будут эксплуатироваться.

Оптимизацию работы дорожно-строительных машин нельзя рассматривать вне связи машины и рабочего оборудования с внешней средой и другими факторами, определяющими условия эксплуатации систем. В качестве основных величин, определяющих условия эксплуатации и имеющих стохастический характер, следует рассматривать физико-механические и прочностные характеристики грунта (тип грунта, сцепление, углы трения), величины, определяющие тягово-сцепные свойства системы (коэффициенты сопротивления передвижению, коэффициенты сцепления и др.), параметры рельефа местности, а также параметры строительного объекта (объемы работ, дальность транспортировки, срок выполнения и др.) [19; 20]. От значений указанных параметров зависит значение показателя эффективности системы. Для статистической модели необходимо установить плотности вероятностей изменения влияющих параметров путем анализа соответствующих условий эксплуатации. Важным результатом такого анализа является выявление наиболее вероятных грунтов и их свойств для обоснования выбора оптимального комплекта машин в конкретных эксплуатационных условиях [13; 15; 17].

Для землеройных и землеройно-транспортных машин основными факторами, определяющими условия эксплуатации, являются группа и состояние грунта, виды и объемы работ, дальность перемещения грунта и ряд других параметров. Зная статистические модели распространения типов грунтов, их увлажненность и прочностные свойства по протяженности строительства лесовозной автомобильной дороги, можно более обоснованно подходить к расчетам параметров дорожно-строительных машин (емкость ковша, размеры отвала, тип автосамосвала и т. д.)

Исходные данные взяты из проектно-технической документации объектов строительства лесовозных автомобильных дорог Иркутской области.

Представленный материал, охватывающий почти всю территорию области, отображает верхний почвенный слой грунтового массива на глубину от 1 до 3 м и дает в первом приближении качественную характеристику его распределения.

Статистический материал по фону эксплуатации классифицирован по типу грунта. На оси абсцисс отложены равные разряды, определяющие грунт по качественному признаку, а по оси орди-

нат отложены относительные частоты появления P_i соответствующих признаков [4].

Для экспериментальных характеристик статистическая вероятность определяется формулой:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (1.1)$$

где n_i — число, характеризующее появление соответствующего признака; N — число, соответствующее общей совокупности признаков.

Статистический анализ проведен по данным строительства лесовозных автомобильных дорог общей протяженностью 1 068 км и объемом земляных работ в среднем 12 450 000 м³ на 100 км дороги. Анализ показал, что доминирующим типом грунтов на протяжении строительства лесовозных автомагистральных дорог являются глинистые грунты, вероятность появления которых равна 0,427.

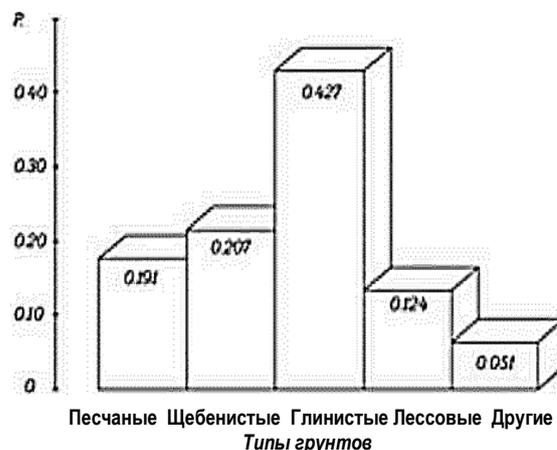


Рис. 1. Гистограмма распределения вероятностей грунтов по протяженности лесовозных автомобильных дорог Иркутской области

Грунты, на которые должны рассчитываться оптимальные технические параметры универсальных землеройных машин, используемых при строительстве автомагистральных дорог, являются грунтами III категории трудности разработки, вероятность их разработки $P_i = 0,34$. Вероятность разработки II–III категории $P_i = 0,63$ (рис. 2).

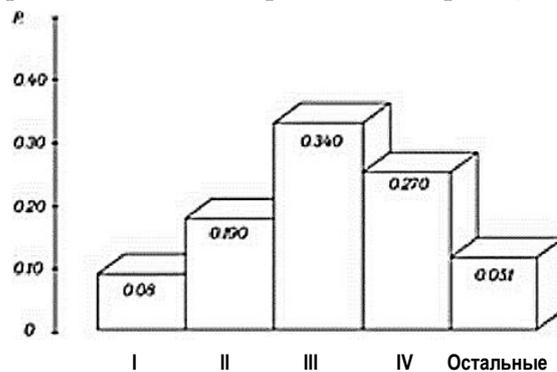


Рис. 2. Гистограмма распределения вероятностей выполнения земляных работ на грунтах различной категории трудоемкости разработки

В результате обработки статистических данных установлено, что наибольшая вероятность выполнения земляных работ по объему приходится на долю бульдозеров $P_j = 0,168$, вероятность разработки скреперами $P_j = 0,327$.

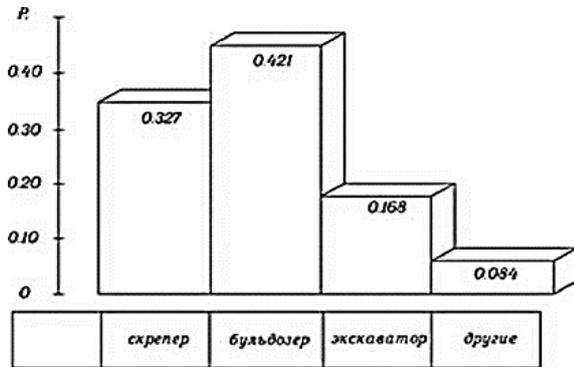


Рис. 3. Распределение работ по вероятности выполнения их землеройными машинами

Одним из основных показателей работы землеройно-транспортных машин является дальность перемещения грунта.

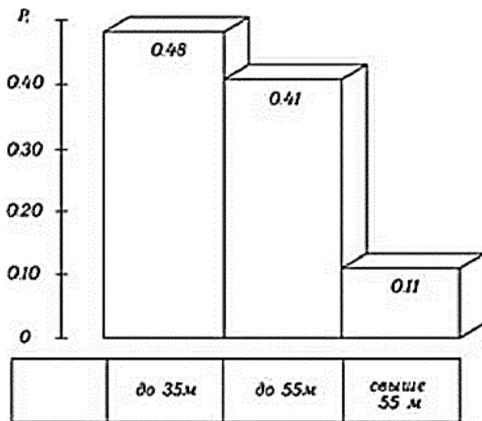


Рис. 4. Гистограмма распределения вероятностей выполнения земляных работ по дальности транспортирования грунта бульдозерами

На основе анализа установлено, что вероятность дальности транспортирования грунта бульдозерами на расстояние до 35 м равна $P_i = 0,48$, до 55 м $P_j = 0,41$ и свыше 55м $P_i = 0,11$.

Вероятность дальности транспортирования грунта скреперами до 1 000 м $P_j = 0,43$, от 1 000 до 1 600 м $P_i = 0,29$, от 1 600 до 2 000м $P_j = 0,21$, и более 2 000 м $P_j = 0,07$ (рис. 5, 6). Наиболее вероятная дальность транспортирования грунта $l = 1\ 200$ м достигает $P_i = 0,87$.

При транспортировке грунта автосамосвалами вероятная дальность перевозки не превышает 5 000 м при $P_i = 0,92$.

При транспортировке грунта автосамосвалами существенное влияние на совместную работу системы «экскаватор – автосамосвалы» оказывает средняя скорость движения автосамосвалов. На основании непосредственных наблюдений на объ-

ектах строительства лесовозных автомобильных дорог были выявлены зависимости скорости транспортировки грунта от дальности транспортировки.

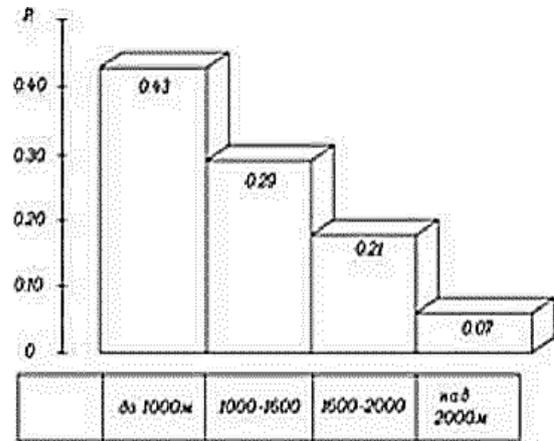


Рис. 5. Гистограмма распределения вероятностей выполнения земляных работ по дальности транспортирования грунта скреперами

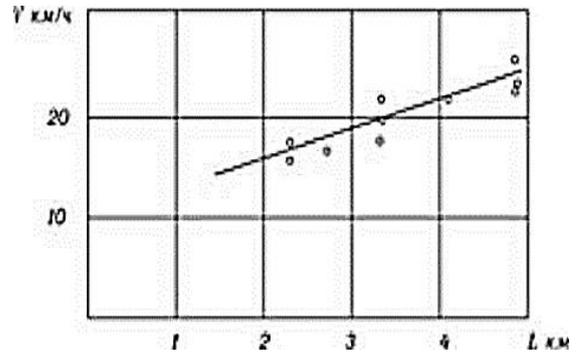


Рис. 6. График зависимости скорости транспортирования грунта автосамосвалами от дальности возки

На основании этого графика было получено аналитическое выражение для определения средней скорости транспортировки грунта в виде:

$$V_{тр} = 6,58 + 2,281 l, \quad (1.2)$$

где $V_{тр}$ — дальность транспортировки грунта, км/ч.

Надо отметить, что на трассе строительства встречаются типы грунтов с трудностью разработки, превышающей допустимый предел для непосредственной экскавации и транспортировки дорожно-строительными машинами, т. е. грунты IV, V и других категорий. В этом случае при строительстве лесовозных автомобильных дорог нашел применение метод глубинного взрывания зарядами малой мощности. Сущность указанного метода заключается в том, что энергия взрыва расходуется только для уменьшения сил сцепления между частицами грунта, а не выброса его в сторону. В результате этой операции коэффициент трудности разработки для непосредственной экскавации и транспортировки землеройно-транспортными машинами [14].

Исходя из этих соображений, в данной статье рассматривались грунты до IV категории по трудности разработки. Метод микровзрывов используется в основном при разработке грунтов экскаваторными и бульдозерными отрядами [16].

Строительство лесовозных автомобильных дорог высшей категории отличается от других отраслей строительства значительной протяженностью объекта при неравномерном распределении объемов и видов работ по длине, существенным влиянием природных условий — грунтов, климата, рельефа местности, гидрологии и др.

Как показала теория и практика строительства линейно-протяженных объектов, наиболее прогрессивным методом организации является поточное производство, в котором все процессы, сгруппированные в технологические циклы, на всех участках идут непрерывно и параллельно, в технологической последовательности. Каждое звено машин, выполняя закрепленный за ним технологический цикл, переходит с одного потока на другой с учетом требований технологии.

Поточный метод отвечает основному требованию экономики — обеспечить условия для снижения затрат общественно необходимого труда на единицу продукции, вырабатываемой при данной организации производства.

По степени укрупнения процессов производства потоки могут быть частные, специализированные, объектные и комплексные [18]. Частный поток — организация работы звена однотипных машин (экскаваторы, скреперы), последовательно выполняющих заданный процесс на соответствующих участках.

Специализированным потоком называется совокупность частных потоков, объединенных производством общей продукции — участок земляного полотна. Совокупность специализированных потоков составляет объектный поток, который обеспечивает завершение готового участка дороги. Совокупность объектных потоков составляет комплексный поток, включающий устройство всех инженерных сооружений дороги.

Комплексная механизация представляет собой такой способ выполнения строительных и монтажных работ, при котором трудоемкие основные и вспомогательные операции технологического процесса осуществляются при помощи машин, увязанных по параметрам. Комплексная механизация наилучшим способом решается путем создания комплексов машин, рассчитанных для определения технологических видов работ и объемов.

Основными отличительными особенностями комплексно механизированного потока по сравнению с другими формами организации дорожно-строительных работ являются:

– каждая машина (звено машин), выполняя группу процессов (технологический цикл операций), переходит с одной захватки на другую по направлению потока. Порядок перехода машин подчинен требованиям технологической последовательности выполняемых работ;

– весь комплекс работ на объекте разделен на ряд процессов, сгруппированных и распределенных между звеньями машин комплекса с учетом требований технологии;

– каждый вид работ выполняется последовательно на сравнительно небольшом участке при максимально целесообразной концентрации на нем материально-технических ресурсов.

Повышается уровень механизации строительного процесса и индустриализации строительства в целом.

Обеспечивается строгая согласованность выполнения заготовительных, транспортных и строительного-монтажных работ.

Максимально целесообразная концентрация дорожных машин, высокий уровень механизации работ, повышение уровня индустриализации обеспечивают высокую производительность труда. Комплексные специализированные подразделения служат организационной основой для любого поточного строительства и содействуют внедрению прогрессивного поточного метода при строительстве лесовозных автомобильных дорог.

Выбор эффективной организации и технологии комплексно механизированного поточного процесса возведения земляного полотна тесно связан с определением рациональных параметров режима работы машин и применяемых технологических схем с учетом условий возводимого сооружения района строительства и возможностей машин. Определение рациональных параметров базируется на экспериментальных и теоретических закономерностях, полученных при исследовании тягового и транспортного режимов интенсивности работ дорожных машин по различным технологическим схемам. Наличие таких зависимостей позволяет перейти к оптимизационным расчетам в определении параметров, величину которых нужно регулировать в меняющихся условиях строительства.

Поточное производство дает возможность для более полного учета всех факторов и условий, влияющих на процесс возведения земляного полотна. Чем полнее учтены условия, определяющие функционирование реальной системы, тем ближе результаты к истинному оптимуму. Но, с другой стороны, чтобы задача могла быть практически разрешимой следует всегда стремиться к необходимому минимуму ограничений, допускающих определенную количественную оценку и по возможности имеющих физическую взаимосвязь.

Определяющими для функционирования системы возведения земляного полотна являются следующие параметры.

Параметры грунтов

- категория трудности разработки грунта;
- влажность;
- сцепление грунта;
- угол внутреннего трения грунта;
- угол внешнего трения;
- тип грунта.

Параметры тягово-сцепных свойств машин

- коэффициент сцепления;
- коэффициент сопротивления передвижению;
- коэффициент сопротивления качению;
- угол местности;
- сцепной вес машины;
- тяговая мощность.

Параметры строительного объекта

- объем земляных работ;
- дальность перемещения грунта;
- способ перемещения грунта;
- время выполнения задания.

Параметры дорожно-строительных машин

- мощность;
- надежность;
- эргономичность.

Поточную организацию строительства линейных объектов можно характеризовать линейным календарным графиком в плоской системе координат. На таких графиках в условном масштабе откладывается по вертикали время, а по горизонтали — длина дороги. Так как при поточной организации строительства лесовозных автомобильных дорог непрерывно изменяется время и место производства работ, то каждый частный поток можно представить себе в виде точки, перемещающейся в системе плоских координат. Линии, представляющие собой след движущейся точки, характеризуют работу отдельных потоков во времени и пространстве.

Для использования на производстве в качестве рабочих документов графики комплексных потоков разрабатывают более детально. Графическое изображение потока позволяет дать математиче-

ское выражение связи его основного параметра (скорости) с другими параметрами:

$$V = \frac{L}{T_d - T_p}, \quad (1.3)$$

где V — скорость потока, км/смену; L — протяженность участка работы потока, км; T_d — продолжительность действия потока, смены; T_p — продолжительность развертывания потока, смены.

Формула (1.3) может быть использована для определения как скорости комплексного потока, так и определения скорости отдельных специализированных потоков.

Заключение. Результаты выполненных теоретических исследований, анализ статистической информации и экспериментальных исследований позволяют сделать ряд общих выводов.

При строительстве лесовозных автомобильных дорог в условиях Иркутской области наиболее распространенными являются глинистые грунты, вероятность разработки землеройными машинами которых равна 0,427.

Установлены вероятности появления отдельных типов грунтов по трудностям разработки, причем преобладающее значение имеют грунты II и III категории, вероятность появления которых соответственно 0,27 и 0,46. В тяговых расчетах землеройно-транспортных машин необходимо ориентироваться на грунты этих категорий, основу которых составляют суглинки и глины с числом ударов 9–13.

Установлена вероятность разработки грунтов и вероятность дальности транспортирования различными землеройно-транспортными машинами на объектах строительства лесовозных автомобильных дорог в Иркутской области.

Поточный метод строительства линейно-протяженных объектов является наиболее приемлемым в условиях строительства лесовозных автомагистральных дорог. Кроме того, он наиболее полно и точно поддается логической формализации при составлении экономико-математической модели работы комплексов землеройно-транспортных машин.

Литература

1. Аканеко Г.И. Координатные методы построения и реконструкции панорам с автоматизацией расчетов: дис. ... канд. техн. наук. М., 1972. С. 184.
2. Абрамов И.Г., Сипко В. Обеспечение необходимого уровня надежности систем управления автомобилей на горных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. 2010. № 2 (29). С. 49–51.
3. Арсенев Ю.Д. Теория подобия в инженерных экономических расчетах. М.: Высшая школа, 1967. С. 213.
4. Артемов Г.К. Оптическая оценка трассы о пространственной модели // Автомобильные дороги. 1972. № 10. С. 16–17.

5. Афоничев Д.Н., Папонов Н.Н. Обоснование параметров плит сборно-разборных покрытий автомобильных дорог. Деп. рукоп. № 556-B2005. 20.04.2005.
6. Афоничев Д.Н., Курьянов В.К. Экономико-математическое обоснование направления трассы автомагистрали лесозаготовительного предприятия, примыкающей к автомобильной дороге общего пользования // Изв. высш. учеб. заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. Технические науки. 2005. № 1. С. 78–81.
7. Бабков В.Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1969. 178 с.
8. Бабков В.Ф. Принципы обеспечения безопасности дви-

- жения по дорогам // Труды МАДИ. 1969. Вып. 28. С. 243–247.
9. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1967. Ч. 1,2. С. 143–147.
 10. Бабков В.Ф. Режимы и безопасность движения в сложных условиях // Труды МАДИ. 1970. Вып. 30. С. 87–92.
 11. Бабков В.Ф. Учет вопросов безопасности при проектировании дорог // Труды МАДИ. 1970. Вып. 32. 134 с.
 12. Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. et al. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes. Moscow: International Socio-Ecological Union; Washington DC: World Resources Institute, 2002. 186 p.
 13. Olson D.M., Dinerstein E. The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. Conservation Biology, 1998. p. 502–515.
 14. Baillie J.E.M., Hilton-Taylor C. and Stuart S.N. (eds.). 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. Gland and Cambridge: IUCN, 2004. 217 p.
 15. Novicki P., Bennet G., Middleton D., Rientjes S., Walters R. Perspectives on ecological networks. ECNC publications series on Man and Nature, August 1996. V. 1.
 16. Miller D.H. The factor of scale: ecosystem, landscape mosaic, and region. // In: K.A. Hammond, G. Macinko, B. Fairchild «Sourcebook on the Environment: A Guide to the Literature». Chicago, IL: University of Chicago Press, 1978. P. 63–88.
 17. URL: <http://www.forest.ru> (дата обращения: 28.08.2020).
 18. URL: <http://www.wwf.ru>(дата обращения: 28.08.2020).
 19. Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // Landscape Ecology. 2000. V. 15. P. 115–130.
 4. Artemov G.K. Optical evaluation of the path about the spatial model // Avtomobil'nye dorogi. 1972. № 10. P. 16–17.
 5. Afonichev D.N., Paponov N.N. Substantiation of the parameters of prefabricated-collapsible road surface plates. Dep. rukop. № 556-V2005. 20.04.2005.
 6. Afonichev D.N., Kur'yanov V.K. Economic and mathematical substantiation of the direction of the highway of the logging enterprise, adjacent to the public highway // University News. North-Caucasian Region. Technical Sciences Series. 2005. № 1. P. 78–81.
 7. Babkov V.F. Landscape design of highways. M.: Transport, 1969. 178 p.
 8. Babkov V.F. Principles of road traffic safety // Trudy MADI. 1969. Vyp. 28. P. 243–247.
 9. Babkov V.F. Road design. M.: Transport, 1967. CH. 1,2. P. 143–147.
 10. Babkov V.F. Modes and traffic safety in difficult conditions // Trudy MADI. 1970. Vyp. 30. P. 87–92.
 11. Babkov V.F. Consideration of safety issues in road design // Trudy MADI. 1970. Vyp. 32. 134 p.
 12. Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. et al. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes. Moscow: International Socio-Ecological Union; Washington DC: World Resources Institute, 2002. 186 p.
 13. Olson D.M., Dinerstein E. The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. Conservation Biology, 1998. P. 502–515.
 14. Baillie J.E.M., Hilton-Taylor C. and Stuart S.N. (eds.). 2004 IUCN Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. Gland and Cambridge: IUCN, 2004. 217 p.
 15. Novicki P., Bennet G., Middleton D., Rientjes S., Walters R. Perspectives on ecological networks. ECNC publications series on Man and Nature, August 1996. V. 1.
 16. Miller D.H. The factor of scale: ecosystem, landscape mosaic, and region. // In: K.A. Hammond, G. Macinko, B. Fairchild «Sourcebook on the Environment: A Guide to the Literature». Chicago, IL: University of Chicago Press, 1978. P. 63–88.
 17. URL: <http://www.forest.ru> (data obrashcheniya: 28.08.2020).
 18. URL: <http://www.wwf.ru>(data obrashcheniya: 28.08.2020).
 19. Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // Landscape Ecology. 2000. V. 15. P. 115–130.

References

1. Akaneko G.I. Coordinate methods of construction and reconstruction of panoramas with the automation of calculations: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 1972. P. 184.
2. Amrahov I.G., Sipko V. Ensuring the required level of reliability of vehicle control systems on mountain roads // Transport and Technological Cars. 2010. № 2 (29). P. 49–51.
3. Arsen'ev YU.D. Similarity theory in engineering economic calculations. M.: Vysshaya shkola, 1967. P. 213.