

УДК 634.0.383

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.97

**РАСЧЕТ ПЛАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛОТОИДНОЙ ТРАССЫ,
ПОДОБРАННОЙ НА СТЕРЕОМОДЕЛИ МЕСТНОСТИ***М.М. Умаров¹, канд. техн. наук**А.В. Скрыпников², д-р техн. наук, проф.**Д.В. Ломакин², экстерн**Е.Ю. Микова², экстерн*¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
ул. 2-я Бауманская, д. 5, Москва, Россия, 105005; e-mail: m_m_umarov@mail.ru²Воронежский государственный университет инженерных технологий, просп. Революции, д. 19, г. Воронеж, Россия, 394036; e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru,
elenabok@mail.ru, e_y_mikova@mail.ru

Сравнение существующих методов укладки трассы показывает, что наибольшими преимуществами обладает способ трассирования по стереомодели, когда трасса укладывается в виде пространственной кривой с учетом всех видимых при этом условий местности. Однако преимущества такого трассирования не всегда использовались на практике из-за сложности фотограмметрических определений, имеющих место при работе с аэрофотоматериалами. Это значительно снижало эффективность применения аэрофотометодов при изысканиях линейного типа. Появление быстродействующих вычислительных машин предопределило направление дальнейшего совершенствования аэроизысканий – создание технологических схем трассирования, максимально использующих возможности фотограмметрии и современной вычислительной техники. В настоящей работе разрабатывается полуавтоматизированная технологическая схема определения проектных элементов трассы, значительно упрощающая процесс фотограмметрической укладки трассы по стереомодели и полностью автоматизирующая все расчеты. Упрощение фотограмметрической укладки достигнуто за счет приближенного нахождения положения проектируемой трассы в ряде точек, а также приближенного определения по стереомодели элементов закруглений с помощью шаблонов. Строгое определение положения будущей трассы с увязкой и корректировкой, выбранное по стереомодели элементов, производится на ЭВМ одновременно с фотограмметрической обработкой. При трассировании по стереомодели местности применение шаблонов кривых не обеспечивает точности определения элементов кривых, соответствующей заключительным стадиям проектирования лесных автомобильных дорог. Повышение точности может быть достигнуто за счет использования более достоверного метода определения координат точек местности и строгих аналитических зависимостей, существующих в клотоидном закруглении. Описанный процесс трассирования по аэроснимкам выполняется на простейших фотометрических приборах: стереоскопе и стереокомпараторе. Поскольку наблюдение снимков под стереоскопом не требует никакой специальной ориентировки, использование его для выбора положения трассы упрощает и ускоряет этот процесс, а применение автоматизированного стереокомпаратора значительно сокращает сроки подготовки исходной информации для ЭВМ.

Ключевые слова: лесные автомобильные дороги, трассирование, стереомодель, клотоида, стереоскоп, стереокомпаратор.

Для цитирования: Умаров М.М., Скрыпников А.В., Ломакин Д.В., Микова Е.Ю. Расчет плановых элементов клотоидной трассы, подобранной на стереомодели местности // Лесн. журн. 2018. № 4. С. 97–106. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.97

Введение

Технологическая схема определения проектных элементов трассы разбивается на три основных этапа. На первом этапе выполняется выбор зоны варьирования путем оценки природных и других условий по предполагаемому направлению. Оценка производится в основном путем комплексного камерального дешифрования, включающего в себя определение топографических, геологических, гидрологических, почвенно-грунтовых, а в некоторых случаях стоимостных и других характеристик интересующей местности.

На втором этапе в пределах выбранной полосы варьирования осуществляется укладка линии трассы с подбором основных элементов клотоидных закруглений: конечных радиусов R_{\min} , параметров клотоид A_1 и A_2 , положения главных точек кривых и вершин углов поворота. На этом этапе подбирается набор характерных точек рельефа для последующего образования в процессе обработки на ЭВМ цифровой модели местности.

На третьем этапе измеряются на автоматизированном стереокомпараторе координаты точек на снимках.

Заключительным процессом являются вычисления на ЭВМ по специальным программам, в ходе которых уточняется плановое положение подобранной по стереомодели трассы и определяются проектные элементы, соответствующие увязанному положению. По точкам цифровой модели строится аналитическая модель рельефа местности, а уже по этой модели находится продольный профиль увязанной в плане линии трассы.

Объекты и методы исследования

При трассировании по стереомодели местности применение шаблонов кривых не обеспечивает точности определения элементов кривых и не соответствует заключительным стадиям проектирования лесных автомобильных дорог.

Повышение точности может быть достигнуто за счет применения более корректного метода определения координат точек местности и строгих аналитических зависимостей, существующих в клотоидном закруглении.

Исследования проводились на ЭВМ по специально составленным на алгоритмическом языке C++ программам.

Результаты исследования и их обсуждение

Нередко при трассировке по стереомодели возникает необходимость в определении глубин оврагов, западин, карстовых воронок, водоемов на мелководье, высоты древесной растительности и т. д. Решение подобных задач осуществляют методами измерительного дешифрования. Специальные исследования показывают [4, 8], что для зеркально-линзового стереоскопа Д-2 ошибка определения превышений при разности высот порядка 30 м и расстоянии на снимке до 5 мм составляет 7,2 %, для интерскопа – 6,8 %, для стереометра СМ-3 – 3,0 %.

Таким образом, применение стереоскопа на первом этапе (при выборе зоны варьирования) позволяет использовать не только изобразительные свойства снимков, но и измерительные.

На втором этапе (укладка трассы в пределах ранее выбранной полосы) предварительный подбор элементов кривых можно производить с помощью прозрачных шаблонов (рис. 1), вписываемых в модель местности.

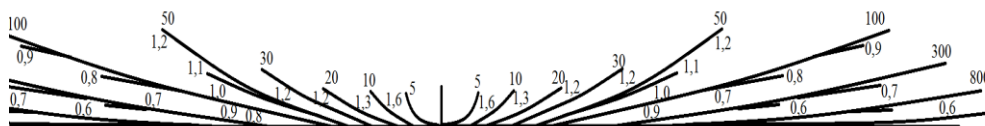


Рис. 1. Шаблон клотоидных кривых для работ на фотосхемах и топопланах

В настоящее время имеется несколько различных шаблонов. В зависимости от типа, размеров и материала шаблона методика их использования различается [3, 7]. Представляет интерес стереоскопическое вписание закруглений в рельеф местности. В этом случае исполнитель, оценивая положение будущей трассы в пространстве модели, может более качественно определять параметры подобного закругления. Однако требования к качеству изготовления таких шаблонов достаточно высоки, что и объясняет низкий уровень использования на практике стереоскопического метода по шаблонам.

Технология подбора элементов закругления по шаблону сводится к определению R_{\min} и параметров A_1 и A_2 обеих клотоидных кривых, составляющих закругление, или биклотоиду. Одновременно на снимках фиксируется положение подобранных кривых. Зафиксированное положение на снимках главных точек кривых дает возможность определять большие тангенсы T_1 и T_2 , а также углы β_1 и β_2 .

Простота и наглядность подбора плановых параметров кривых обеспечили широкое распространение этому методу, особенно на предварительных стадиях изысканий [6].

Применение ЭВМ для нахождения углов и расстояний между зафиксированными точками трассы повышает точность определения координат и, тем самым, точность общего решения [2].

Поскольку первоначально при трассировании по шаблону положение трассы определяется приблизительно (окончательное положение будет найдено после расчетов на ЭВМ), для нахождения продольного профиля будущей трассы в зоне ее прохождения наблюдаются и фиксируются на снимках характерные точки местности, образующие ее цифровую модель [10]. Путем нелинейной интерполяции этой модели на ЭВМ в дальнейшем строится продольный профиль подобранной трассы.

Приближенность фотографического трассирования по стереомодели местности, а также стремление автоматизировать этот процесс на базе современных технических средств послужили основанием для использования аналитических методов при решении поставленной задачи.

Опыт применения ЭВМ в проектировании показывает, что перевес методов, сложившихся при «ручном» проектировании, в сторону новых условий снижает эффективность от применения ЭВМ. В связи с этим появляется необходимость разработать новые решения задачи и способы управления вычислительным процессом, наиболее пригодные при работе на ЭВМ.

Большое внимание применению аналитических методов уделяется за рубежом. Среди большого количества зарубежных работ в этой области следует выделить работу проф. Хидео Накамура (Токийский университет). Решения, полученные им, заметно отличаются от приемов, используемых в европейских странах [11]. В частности, это относится к вопросу о приближенности исходных данных. Типичным примером «европейского» решения является методика аналитического трассирования, разработанная шведской фирмой КМ, которая получила наибольшее распространение в мире, в том числе и в США.

Задача настоящего исследования состояла в разработке алгоритма аналитического трассирования сплошными несимметричными клотоидами, т. е. с большой степенью приближения. Такое решение дает возможность проектировщику использовать для анализа аэроснимков простейшие стереоскопические приборы без какой-либо их специальной установки или ориентировки.

Найденные по неориентированной стереомодели приближенные значения проектных элементов корректируются и уточняются в дальнейшем, в процессе вычислений на ЭВМ, после чего также на ЭВМ определяется продольный профиль уточненного положения трассы.

Ниже разбираются найденные решения, различающиеся комбинациями исходных данных. В качестве основы решения принято закругление, состоящее из двух сплошных несимметричных клотоид. Закругление задается тремя точками, зафиксированными на снимках: т. А – начало закругления; т. В – точка, где радиус минимален (R_{min}); т. С – конец закругления (рис. 2).

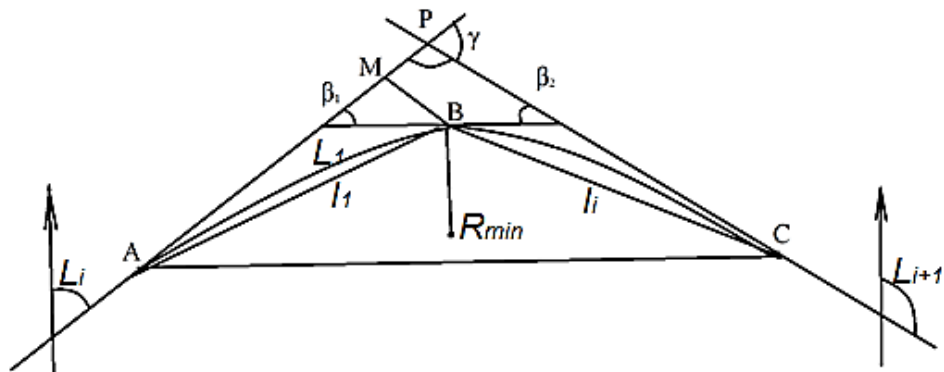


Рис. 2. Уточнение элементов кривых

Поскольку через 3 точки можно провести множество пар клотоидных кривых с различными параметрами, имеющих общий радиус в т. В, необходимы дополнительные данные для ограничения подобной неопределенности.

Таковыми данными могут быть радиус закругления R_{min} , параметр A или угол β какой-либо из кривых, а также угол поворота трассы γ . Причем, если для нахождения R_{min} и A необходимо знать масштаб съемки, то для нахождения углов это не нужно. Однако в некоторых случаях приходится иметь дело с ситуацией, когда R_{min} является заданной величиной. В связи с этим рассмотрим два возможных решения: когда зафиксирован R_{min} и когда имеется угол поворота трассы γ .

Дано: конечный радиус биклотоиды – R_{\min} ; направление касательной к первой клотоиде – L_i ; координаты X, Y главных точек биклотоиды: A – начало кривой, B – точка сопряжения (R_{\min}), C – конец кривой (рис. 2).

По этим значениям находятся все остальные элементы биклотоиды ($A_1, A_2, \beta_1, \beta_2$ и т. д.), по найденным значениям β_1 и β_2 определяется угол поворота трассы и направление касательной ко второй клотоиде L_{i+1} .

Первый этап сводится к определению проекций $\Delta X'_{AB}$ и $\Delta Y'_{AB}$ первой клотоиды AB . Решение осуществляется ортогональным преобразованием разностей координат т. A и B на величину угла L_i по следующим формулам:

$$\begin{aligned}\Delta X'_{AB} &= \Delta X_{AB} \cos L_i + \Delta Y_{AB}; \\ \Delta Y'_{AB} &= \Delta X_{AB} \sin L_i + \Delta Y_{AB}.\end{aligned}\quad (1)$$

Подставляя найденные значения $\Delta X'_{AB}$ и $\Delta Y'_{AB}$ в уравнения системы (2)

$$\left. \begin{aligned}\Delta X &= S - \frac{S^3}{40R_{\min}^2} + \frac{S^5}{3456R_{\min}^4} \\ \Delta Y &= \frac{S^2}{6R_{\min}} - \frac{S^4}{336R_{\min}^3} + \frac{S^6}{42240R_{\min}^5}\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

и решая отдельно каждое уравнение, определим два значения: L'_1 и L''_1 (S – длина смещения).

Полученные расхождения свидетельствуют о том, что при заданном значении R_{\min} в общем случае нельзя провести клотоидную кривую [9]. В результате чего возникает задача корректировки положения какой-либо из точек либо значения R_{\min} .

Для случая, когда R_{\min} может меняться, последующее решение может осуществляться итеративным методом. По вычисленным значениям L'_1 и L''_1 находится среднее, которое подставляется в уравнения системы (2). В результате определяются два значения R' и R'' . По среднему значению ($R_{\text{ср}}$) повторно рассчитываются L'_1 и L''_1 , далее процесс продолжается до тех пор, пока разность $R' - R''$ не будет меньше установленного допуска.

Исследования показали, что процесс вычислений можно значительно ускорить, если использовать при решении зависимость, выражающую разность между длиной клотоиды и длиной стягивающей ее хорды.

Длина хорды определяется по формуле

$$a = \Delta X^2 + \Delta Y^2. \quad (3)$$

Поскольку длина клотоиды будет всегда больше длины хорды, запишем поправку через длину клотоиды и длину хорды:

$$\Delta L = L - a. \quad (4)$$

Подставляя в выражение (4) первые члены уравнений системы (2), получим следующее выражение:

$$\Delta L = L - \sqrt{\left(L - \frac{L^3}{40R_{\min}^2}\right) + \left(\frac{L^3}{6R_{\min}} - \frac{L^4}{334R_{\min}^4}\right)}. \quad (5)$$

После преобразования подкоренного выражения имеем:

$$\Delta L = a - a \sqrt{1 - \frac{1}{45} \left(\frac{a^2}{R_{\min}}\right)^2 - \frac{1}{160} \left(\frac{a}{R_{\min}}\right)} \quad (6)$$

Исправленное по формуле (4) значение длины 1-й кривой позволяет сразу определить значение R_{\min} .

Затем находим:

$$\beta_1 = \frac{L}{2R_{\min}}; \quad (7)$$

$$A_1^2 = R_{\min}L. \quad (8)$$

После вычисления элементов i -й кривой по формуле (6) уточняется длина 2-й кривой и по формулам (2), (7) и (8) определяются ее элементы. Дирекционный угол касательной ко 2-й клотоиде находится по формуле

$$L_{i+1} = L_i \pm (180^\circ - \beta_1 - \beta_2). \quad (9)$$

В процессе экспериментального исследования было установлено, что положение конечной точки, вычисленное по элементам биклотоиды, найденным в процессе решения, в общем случае не совпадает с заданным (т. С) [5]. Возникающие поперечные смещения составляют до 30 м.

В другом варианте, когда вместо радиуса задан угол поворота γ , элементы 1-й кривой, радиус R_{\min} и элементы 2-й кривой определяются так же, как в предыдущей задаче: по найденным значениям устанавливаются угол γ' и дирекционный угол касательной ко 2-й клотоиде:

$$\gamma' = \beta_1 + \beta_2; \quad (10)$$

$$L_{i+1} = L_i + \gamma'. \quad (11)$$

Повторно значение L_{i+1} может быть получено через заданный угол поворота γ , т. е.

$$L_{i+1} = L_i + \gamma. \quad (12)$$

В общем случае значения L'_{i+1} и L_{i+1} не будут совпадать [1].

Как показали результаты экспериментальных исследований, при описанных выше исходных данных задача не имеет однозначного решения ввиду переопределенности исходной информации.

Заключение

Исследования проводились с использованием специально составленных программ на алгоритмическом языке C++, позволивших рассчитать макет клотоидной трассы, состоящей из несимметричных клотоидных закруглений, или биклотоид, чередующихся с прямыми вставками. Как показали исследования, более полный учет геометрических связей, имеющих место в полном несимметричном закруглении, дает возможность непосредственно определять неизвестные параметры кривых без предварительного установления их приближенного значения. Подобный подход позволяет сократить время, затрачиваемое на решение, отказаться от получения дополнительной информации и ввода ее в ЭВМ, упростить методику работы на стереомодели. Использование шаблонов для визуального контроля положения будущей трассы возможно и в этом случае, однако их роль существенно изменяется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов В.Г., Бурмистров В.А., Чистяков А.Г., Арутюнян А.Ю., Умаров М.М. Совершенствование технического сервиса лесовозных автопоездов с учетом влияния состояния автотранспортной сети: моногр. Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I, 2015. 239 с.

2. Козлов В.Г., Умаров М.М., Чернышова Е.В., Чан Ван Зы. Анализ транспортного потока для формирования базиса управления дорожным движением при перевозке грузов для агропромышленного комплекса // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса», 08–09 апр. 2015 г. Воронеж: ВГУИТ, 2015. С. 95–104.

3. Никитин В.В., Козлов В.Г., Арутюнян А.Ю., Умаров М.М. Имитационная модель функционирования лесовозной автомобильной дороги // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2016. Т. 20, № 2. С. 167–172.

4. Скрыпников А.В., Умаров М.М., Арутюнян А.Ю., Чернышова Е.В. Анализ методов оценки надежности сложных технических комплексов // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса», 08–09 апр. 2015 г. Воронеж: ВГУИТ, 2015. С. 76–81.

5. Скрыпников А.В., Умаров М.М., Арутюнян А.Ю., Чернышова Е.В. Методика обеспечения заданного уровня надежности функционирования комплексного технического обеспечения // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса», 08–09 апр. 2015 г. Воронеж: ВГУИТ, 2015. С. 594–599.

6. Скрыпников А.В., Умаров М.М., Арутюнян А.Ю., Чернышова Е.В. Определение надежности функционирования комплексного технического обеспечения на основе параметрических методов // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса», 08–09 апр. 2015 г. Воронеж: ВГУИТ, 2015. С. 582–587.

7. Скрыпников А.В., Умаров М.М., Арутюнян А.Ю., Чернышова Е.В. Способы оценки требуемого уровня надежности функционирования комплексного технического обеспечения // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса», 08–09 апр. 2015 г. Воронеж: ВГУИТ, 2015. С. 587–594.

8. Скрыпников А.В., Умаров М.М., Чернышова Е.В. Роль состояния лесовозных автомобильных дорог в обеспечении удобства и безопасности движения в неблагоприятные периоды года // Наука. Технологии. Производство. 2015. № 2(6). С. 66–68.

9. Чернышова Е.В. Методы формирования цифровой модели местности при трассировании лесовозных автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 3(35). С. 143–148.

10. Antopolskii A.B. The Infosphere of Social Sciences: Structure, Boundaries, and Functions // Scientific and Technical Information Processing. 2017. Vol. 44, iss. 2. Pp. 87–93.

11. Skrypnikov A., Dorokhin S., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, iss. 2. Pp. 511–515.

Поступила 07.03.18

UDC 634.0.383

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.97

Calculation of Planned Elements of a Clothoid Route Composed on the Terrain Stereomodel*M.M. Umarov¹, Candidate of Engineering Sciences**A.V. Skrypnikov², Doctor of Engineering Sciences, Professor**D.V. Lomakin², External Student**E.Yu. Mikova², External Student*¹Bauman Moscow State Technical University, ul. Baumanskaya 2-ay, 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail: m_m_umarov@mail.ru²Voronezh State University of Engineering Technology, pr. Revolyutsii, 19, Voronezh, 394036, Russian Federation; e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru, elenabok@mail.ru, e_y_mikova@mail.ru

Comparison of the existing methods of route laying shows that the way of tracing according to a stereomodel, when the route is laid in the form of a spatial curve, taking into account all visible terrain conditions, is the most advantageous. However, the advantages of such a tracing were not always used in practice because of the complexity of the photogrammetric definitions when working with aerophotos. This significantly reduced the effectiveness of the use of aero photomethods when investigations of linear type. The emergence of high-speed computers predetermined the direction of further improvement of aero research: the creation of operation schedule of routing that maximized the use of photogrammetry and modern computer technology. The paper presents a semi-automated operation schedule for determining the design elements of the route, which greatly simplifies the process of photogrammetric laying of the route according to a stereomodel and fully automates all calculations. Simplification of photogrammetric laying is achieved due to an approximate finding of a projected route position in a number of points, as well as an approximate determination of the curvature elements by means of templates using the stereomodel. A strict determination of the position of a future route with coordination and adjustment, selected according to the stereomodel of elements, is performed on the computer simultaneously with photogrammetric processing. When tracing according to a stereomodel of the terrain, the use of pattern of curves does not provide an accurate definition of the elements of curves corresponding to the final stages of the forest road design. Increasing the accuracy can be achieved by applying a more accurate method of determining the coordinates of terrain points and strict analytical dependencies existing in the clothoid curvature. The described process of tracing according to aerial photographs is performed on the simple photometric instruments: a stereoscope and a stereocomparator. Since the observation of images under the stereoscope does not require any special orientation, its use to select the position of the route simplifies and speeds up this process; and the use of an automated stereocomparator significantly reduces the time required for preparing the initial information for the computer.

Keywords: forest lorry road, tracing, stereomodel, clothoid, stereoscope, stereocomparator.

REFERENCES

1. Kozlov V.G., Burmistrov V.A., Chistyakov A.G., Arutyunyan A.Yu., Umarov M.M. *Sovershenstvovaniye tekhnicheskogo servisa lesovoznykh avtopoezdov s uchetom vliyaniya sostoyaniya avtotransportnoy seti: monogr.* [Improvement of Technical Service of Log Trucks Taking into Account the Influence of the State of the Motor Transport Network]. Voronezh, VSAU Publ., 2015. 239 p. (In Russ.)

For citation: Umarov M.M., Skrypnikov A.V., Lomakin D.V., Mikova E.Yu. Calculation of Planned Elements of a Clothoid Route Composed on the Terrain Stereomodel. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 4, pp. 97–106. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.97

2. Kozlov V.G., Umarov M.M., Chernyshova E.V., Chan Van Zy. Analiz transportnogo potoka dlya formirovaniya bazisa upravleniya dorozhnym dvizheniyem pri perevozke грузов dlya agropromyshlennogo kompleksa [Analysis of the Traffic Flow for the Formation of a Basis for Traffic Management when Transport of Goods for the Agro-Industrial Complex]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sistemnyy analiz i modelirovaniye protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy agropromyshlennogo kompleksa»*, 08–09 apr. 2015 g. [Proc. Intern. Sci. Practical Conf. “System Analysis and Modeling of Quality Management Processes in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex”, 08–09 April 2015]. Voronezh, VSUET Publ., 2015, pp. 95–104. (In Russ.)

3. Nikitin V.V., Kozlov V.G., Arutyunyan A.Yu., Umarov M.M. Imitatsionnaya model' funktsionirovaniya lesovoznoy avtomobil'noy dorogi [Simulation Modeling of Hauling Road Function]. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2016, vol. 20, no. 2, pp. 167–172.

4. Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Arutyunyan A.Yu., Chernyshova E.V. Analiz metodov otsenki nadezhnosti slozhnykh tekhnicheskikh kompleksov [The Analysis of Methods of Reliability Evaluation of Complex Technical Aggregates]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sistemnyy analiz i modelirovaniye protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy agropromyshlennogo kompleksa»*, 08–09 apr. 2015 g. [Proc. Intern. Sci. Practical Conf. “System Analysis and Modeling of Quality Management Processes in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex”, 08–09 April 2015]. Voronezh, VSUET Publ., 2015, pp. 76–81. (In Russ.)

5. Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Arutyunyan A.Yu., Chernyshova E.V. Metodika obespecheniya zadannogo urovnya nadezhnosti funktsionirovaniya kompleksnogo tekhnicheskogo obespecheniya [Technique of Providing a Reliability Objective of Functioning of Integrated Technical Support]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sistemnyy analiz i modelirovaniye protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy agropromyshlennogo kompleksa»*, 08–09 apr. 2015 g. [Proc. Intern. Sci. Practical Conf. “System Analysis and Modeling of Quality Management Processes in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex”, 08–09 April 2015]. Voronezh, VSUET Publ., 2015, pp. 594–599. (In Russ.)

6. Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Arutyunyan A.Yu., Chernyshova E.V. Opredeleniye nadezhnosti funktsionirovaniya kompleksnogo tekhnicheskogo obespecheniya na osnove parametricheskikh metodov [Determination of Functioning Reliability of Integrated Technical Support on the Basis of Parametric Methods]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sistemnyy analiz i modelirovaniye protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy agropromyshlennogo kompleksa»*, 08–09 apr. 2015 g. [Proc. Intern. Sci. Practical Conf. “System Analysis and Modeling of Quality Management Processes in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex”, 08–09 April 2015]. Voronezh, VSUET Publ., 2015, pp. 582–587. (In Russ.)

7. Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Arutyunyan A.Yu., Chernyshova E.V. Sposoby otsenki trebuyemogo urovnya nadezhnosti funktsionirovaniya kompleksnogo tekhnicheskogo obespecheniya [Estimation Methods of the Functioning Reliability Goal of Integrated Technical Support]. *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sistemnyy analiz i modelirovaniye protsessov upravleniya kachestvom v innovatsionnom razvitiy agropromyshlennogo kompleksa»*, 08–09 apr. 2015 g. [Proc. Intern. Sci. Practical Conf. “System Analysis and Modeling of Quality Management Processes in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex”, 08–09 April 2015]. Voronezh, VSUET Publ., 2015, pp. 587–594. (In Russ.)

8. Skrypnikov A.V., Umarov M.M., Chernyshova E.V. Rol' sostoyaniya lesovoznykh avtomobil'nykh dorog v obespechenii udobstva i bezopasnosti dvizheniya v neblagopriyatnyye periody goda [Role of the State of Forest Highways in Ensuring Convenience and Traffic Safety during the Adverse Periods of the Year]. *Nauka. Tekhnologii. Proizvodstvo* [Science. Technology. Production], 2015, no. 2(6), pp. 66–68.

9. Chernyshova E.V. Metody formirovaniya tsifrovoy modeli mestnosti pri trassirovaniy lesovoznykh avtomobil'nykh dorog [Methods of Forming a Digital Terrain Model for Tracing Forest Roads]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2017, no. 3(35), pp. 143–148.

10. Antopolskii A.B. The Infosphere of Social Sciences: Structure, Boundaries, and Functions. *Scientific and Technical Information Processing*, 2017, vol. 44, iss. 2, pp. 87–93.

11. Skrypnikov A., Dorokhin S., Kozlov V.G., Chernyshova E.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, vol. 12, iss. 2, pp. 511–515.

Received on March 07, 2018
