

Применение информационно-математического моделирования для прогнозирования выхода радиальных пиломатериалов при развальном способе раскря бревен

Н.О. Бегункова

Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, 136, Хабаровск, Россия
 natali-beg@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5069-9604>
 Статья поступила 22.04.2022, принята 05.05.2022

В статье предложен метод получения радиальных пиломатериалов из круглых лесоматериалов при распиловке вразвал. Такие пиломатериалы отличаются более высокими и стабильными свойствами. Кроме того, за счет более высокой прочности и сохранения при эксплуатации геометрических размеров радиальные пиломатериалы являются хорошим конструкционным материалом из массивной древесины для планируемого на Дальнем Востоке расширения деревянного домостроения. Одним из ключевых преимуществ данного региона является наличие крупнейших в мире запасов природных ресурсов, в частности леса. При этом для определения выхода пиломатериалов было применено информационно-математическое моделирование. В его основе использована методика численной оценки вида пиломатериала. В представленной работе, кроме изменения диаметра бревна, изучалось также влияние на выход толщины пиломатериалов. Проведенный анализ полученных данных показал, что на выход радиальных пиломатериалов влияют не только диаметр бревен, форма кривой, описывающей их образующую, способ пиления, но и толщина пиломатериалов. Установлено, что для получения максимального выхода радиальных пиломатериалов требуемой толщины необходимо вести подсортировку бревен по диаметру. Кроме того, как показали результаты исследования, получить радиальные пиломатериалы при распиловке бревен вразвал параллельно их оси практически невозможно. Предлагаемая методика распиловки бревен вразвал с последующим раскромом досок позволяет в отдельных случаях существенно увеличить выход радиальных досок, а информационно-математическое моделирование и применение технологии продольного раскря — прогнозировать его для различных диаметров, толщины пиломатериалов и видов образующей, т. е. управлять выходом различных видов пиломатериалов из бревен различных диаметров с разной формой образующей.

Ключевые слова: бревно; вразвал; пиломатериал; раскрой; радиальный.

Application of information-mathematical modeling for predicting the yield of radial sawn timbers with the split-method of cutting logs

N.O. Begunkova

Pacific National University; 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, Russia
 natali-beg@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5069-9604>
 Received 22.04.2022, accepted 05.05.2022

The article proposes a method for obtaining radial sawn timbers from round woods when sawing with the split-method. They are distinguished by higher and more stable properties. In addition, due to higher strength and preservation of geometric dimensions during operation, radial sawn timbers is a good structural material from solid wood for the expansion of wooden housing construction planned at the Far East. One of the key advantages of this region is the presence of the world's largest reserves of natural resources, in particular forest. At the same time, information-mathematical modeling was used to determine the yield of timber. It is based on the method for the numerical assessment of the type of timber. In addition to changing the diameter of the log, the presented research studies the influence of the timber's thickness to the yield. The analysis of the obtained data show that the yield of radial timbers is influenced not only by the log diameter, the shape of the curve circling their generatrix, the sawing method, but also by the thickness of the timbers. It has been established that in order to obtain the maximum yield of radial sawn timbers of the required thickness, it is necessary to sort the logs by diameters. Moreover, the results of the research show, that it is practically impossible to obtain radial sawn timbers when cutting logs with the split-method parallel to their axis. The proposed method of cutting logs with the split-method with subsequent cutting of boards allows in some cases to significantly increase the yield of radial boards, and information-mathematical modeling and the use of longitudinal cutting technology to predict it for various diameters, thicknesses of timbers and types of generatrix, that is, to control the yield of various types of timbers from logs with different diameters and different shapes of generatrix.

Keywords: log; split-method; timber; cutting; radial.

Введение. В национальной программе социально-экономического развития Дальнего Востока подчеркивается, что одним из ключевых преимуществ региона является наличие крупнейших в мире запасов природных ресурсов [1]. К их числу, в частности, относятся запасы древесины, которые составляют около 51 % леса.

Развитие Дальнего Востока объявлено президентом РФ национальным приоритетом на весь XXI в., что должно способствовать притоку населения и, как следствие, существенному увеличению жилищного строительства. При этом планируется развитие деревянного домостроения, для чего потребуются в большом количестве конструкционные материалы из древесины, среди которых важное место занимают радиальные пиломатериалы [2–5].

Получить такие пиломатериалы, как правило, можно путем использования специальных схем раскря бревен или с привлечением еще и технологий склеивания [6–14]. Эти способы достаточно сложны. Поэтому, на наш взгляд, актуальным вопросом является поиск способов увеличения выхода радиальных пиломатериалов при пилении вразвал.

Основная часть. Для нахождения выхода радиальных пиломатериалов в работе предлагается применять методику численной оценки вида пиломатериала и информационно-математическое моделирование при распиловке вразвал.

Данная методика основана на разработанном ранее способе численной оценки вида строганого шпона и заключается в анализе годичного слоя на прямолинейность и параллельность [15]. Начиная от периферии доски, каждый годичный слой, отображаемый на ее плоскости, проверяется на параллельность образующей бревна. Определяется ближайший к кромке доски годичный слой, который в комлевой части находится выше плоскости резания бревна, а в вершинной — не ниже. Либо ищется годичный слой, для которого справедливо обратное условие: в комлевой части он лежит не выше плоскости резания бревна, а в вершинной — выше. Найденный таким образом годичный слой, отображаемый на плоскости доски, оценивается на прямолинейность по критерию, приведенному в ГОСТ 28459-90 [16]. Это, в свою очередь, позволяет достаточно точно определить зоны доски, в которых годичные слои имеют вид прямолинейных параллельных линий. Для количественной оценки объемного выхода пиломатериалов различного вида (радиальных, полурadiальных или тангенциальных) использовался разработанный ранее специальный программный модуль [17]. Работа этого модуля базируется на возможностях, предоставляемых программным комплексом [18], позволяющим осуществлять информационно-математическое моделирование текстуры поверхностей, формируемых при раскря круглого лесоматериала. Данный комплекс применяли для получения модели, отображающей годичные слои на плоскостях доски, получаемой при резании бревна.

Для проверки адекватности предложенного информационно-математического моделирования текстуры на определенном расстоянии от центра бревна был выпилен образец. Схема раскря чурака и внешний вид полученного образца представлены на рис. 1 и 2.

Для данного сечения с помощью разработанного программного комплекса [18] была построена модель, имитирующая текстуру древесины на поверхности образца

доски (рис. 3).

Визуальный анализ показывает достаточно хорошее совпадение текстуры натурального и виртуального образцов.

Для проведения дальнейшего исследования использовалось сырье длиной 4 м с нормальным сбегом (1 см/м). Диаметр сырья варьировался в диапазоне от 24 до 32 см с шагом 2 см. Образующая сырья описывалась при этом либо параболой, либо прямой, либо параболой Нейля [19]. Последнее характерно для бревен комлевой части дерева. В качестве переменного фактора также принята толщина пиломатериала: 16; 19; 22; 25; 32 и 40 мм. При раскря бревна вразвал для сердцевой доски принята толщина 50 мм. Ширина пропила и припуски на усушку и обзол при этом не учитывались. Эти данные подставляются в специальный программный модуль, позволяющий количественно определять выход пиломатериалов различного вида.

Результаты расчетов при раскря бревна развальным способом параллельно оси или образующей сырья представлены данными, отображенными в табл. 1, для случая, когда вершинный диаметр сырья составляет 24 см.



Рис. 1. Схема раскря бревна



Рис. 2. Текстура полученного образца поверхности доски



Рис. 3. Модель плоскости доски при резании параллельно продольной оси бревна

Таблица 1. Выход пиломатериалов различного вида

Тип образующей бревна	Толщина доски, мм	Выход пиломатериала, %							
		Радиальный		Полурадиальный		Тангенциальный		Общий	
		При плоскости резания, параллельной оси или образующей пиловочного бревна							
		оси	образующей	оси	образующей	оси	образующей	оси	образующей
парабола Нейля	16	0,00	0,00	15,74	58,15	62,38	11,33	78,12	69,47
	19	0,00	0,00	18,59	66,38	58,32	0,00	76,91	66,38
	22	0,00	0,00	21,39	58,97	51,52	0,00	72,91	58,97
	25	0,00	0,00	0,00	64,81	76,91	0,00	76,91	64,81
	32	0,00	0,00	0,00	56,34	73,69	0,00	73,69	56,34
	40	0,00	0,00	0,00	36,85	65,05	28,32	65,05	65,17
парабола	16	0,00	43,55	15,20	23,52	60,22	0,00	75,42	67,07
	19	0,00	31,45	17,94	32,63	56,30	0,00	74,25	64,09
	22	0,00	39,88	20,65	17,05	49,74	0,00	70,38	56,93
	25	0,00	44,58	0,00	17,98	74,25	0,00	74,25	62,56
	32	0,00	29,23	0,00	25,16	71,14	0,00	71,14	54,39
	40	0,00	35,58	0,00	27,34	62,80	0,00	62,80	62,91
прямая	16	0,00	67,33	15,26	0,00	60,46	0,00	75,71	67,33
	19	0,00	64,34	18,02	0,00	56,53	0,00	74,54	64,34
	22	0,00	57,16	20,73	0,00	49,93	0,00	70,66	57,16
	25	0,00	62,81	0,00	0,00	74,54	0,00	74,54	62,81
	32	0,00	54,60	0,00	0,00	71,42	0,00	71,42	54,60
	40	0,00	63,16	0,00	0,00	63,04	0,00	63,04	63,16

Анализ приведенных в табл. 1 данных показывает, что выход радиальных пиломатериалов при раскросе сырья параллельно оси отсутствует. При этом полурадиальные пиломатериалы получают только при выпиливании досок меньшей толщины — 16; 19 и 22 мм. Однако с увеличением диаметра сырья можно получить полурадиальные пиломатериалы большей толщины. Так, расчеты показывают, что при раскросе сырья с вершинным диаметром 32 см можно получить полурадиальные доски и толщиной 40 мм. Из табл. 1 также видно, что в основном получают тангенциальные пиломатериалы (от 49,7 до 72,1 %).

При раскросе бревен параллельно их образующей, имеющей форму параболы или прямой, преимущественно получают радиальные пиломатериалы. В последнем случае образуются только такие пиломатериалы. Аналогичная картина характерна и для выхода различных видов пиломатериалов, и для бревен других диаметров.

Таким образом, радиальные пиломатериалы при раскросе сырья развальным способом получают только в случае пиления параллельно его образующей, которая имеет форму параболы или прямой.

Поэтому для получения радиальных пиломатериалов в остальных случаях предлагается технология, предусматривающая продольный раскрой получаемых досок при пилении вразвал и соответственно больший выход таких пиломатериалов.

Суть данной технологии заключается в следующем. В ходе определения вида пиломатериала находится граница, отделяющая прямолинейные параллельные годичные слои на поверхности доски, от слоев, имеющих кривизну. Вдоль этой границы и производится раскрой доски. В результате получают три доски, две из которых

будут радиальными. При этом соблюдается ограничение на минимальную ширину выпиливаемой доски в соответствии с ГОСТ 24454-80 [20].

Результаты проведенных исследований с применением технологии продольного раскроса досок отражены в табл. 2 для бревен диаметром 24 см.

Сравнительный анализ данных, приведенных в табл. 1 и 2, показывает, что если в первом случае при раскросе параллельно оси радиальных пиломатериалов вообще не образуется, то применение технологии продольного раскроса позволяет получить такие пиломатериалы. При этом их выход в отдельных случаях достигает до 29,3 %, а с увеличением диаметра может возрасти до 43,6 %.

При раскросе параллельно образующей наблюдается выход радиальных пиломатериалов. При этом надо отметить, что такие пиломатериалы получают и при использовании бревен с образующей, имеющей форму параболы Нейля, в отличие от случая, когда технология продольного раскроса доски не применялась и выход таких пиломатериалов отсутствовал (см. табл. 1). Если рассматривать бревна, которые имеют образующую в форме параболы, то наблюдается увеличение выхода радиальных пиломатериалов в среднем на 23,5 %. С ростом диаметра прирост выхода таких пиломатериалов увеличивается и в отдельных случаях может достигать 54,4 %. Однако применение технологии продольного раскроса для бревен с образующей, имеющей форму прямой, не дает эффекта.

Данные, приведенные в табл. 1 и 2, показывают, что на выход радиальных пиломатериалов влияет не только диаметр бревен, форма кривой, описывающей их образующую, способ пиления, но и толщина пиломатериалов. При этом необходимо вести подсортировку бревен

по диаметрам для получения максимального выхода радиальных пиломатериалов требуемой толщины.

Анализируя выход различных видов пиломатериалов, можно сказать, что применение информационно-

математического моделирования и технологии продольного раскроя позволяет управлять выходом этих пиломатериалов из бревен с различной формой образующей.

Таблица 2. Выход пиломатериалов различного вида с применением технологии продольного раскроя доски

Тип образующей бревна	Толщина доски, мм	Выход пиломатериала, %							
		Радиальный		Полурадиальный		Тангенциальный		Общий	
		При плоскости резания, параллельной оси или образующей пиловочного бревна							
		оси	образующей	оси	образующей	оси	образующей	оси	образующей
парабола Нейля	16	23,17	50,80	0,00	0,00	47,22	11,33	70,39	62,12
	19	26,42	46,45	0,00	14,02	46,27	0,00	72,69	60,48
	22	29,27	51,53	0,00	0,00	38,46	0,00	67,73	51,53
	25	17,89	40,72	0,00	18,63	52,78	0,00	70,67	59,35
	32	21,65	46,91	0,00	0,00	43,38	0,00	65,02	46,91
	40	24,85	31,00	0,00	0,00	40,20	28,32	65,05	59,31
парабола	16	22,44	66,67	0,00	0,00	45,59	0,00	68,03	66,67
	19	25,62	63,64	0,00	0,00	39,27	0,00	64,89	63,64
	22	28,39	56,53	0,00	0,00	37,04	0,00	65,44	56,53
	25	17,34	62,20	0,00	0,00	50,95	0,00	68,29	62,20
	32	20,99	54,20	0,00	0,00	41,88	0,00	62,86	54,20
	40	24,15	62,16	0,00	0,00	38,65	0,00	62,80	62,16
прямая	16	22,48	67,33	0,00	0,00	45,77	0,00	68,25	67,33
	19	25,78	64,34	0,00	0,00	39,42	0,00	65,20	64,34
	22	28,43	57,16	0,00	0,00	37,23	0,00	65,66	57,16
	25	17,37	62,81	0,00	0,00	51,15	0,00	68,52	62,81
	32	21,02	54,60	0,00	0,00	42,04	0,00	63,06	54,60
	40	24,17	63,16	0,00	0,00	38,88	0,00	63,04	63,16

Заключение. Одним из лучших конструктивных материалов из массивной древесины являются радиальные пиломатериалы. Такие пиломатериалы имеют более высокие и стабильные свойства. Это касается прочности и износостойкости при изгибе, сохранению при эксплуатации геометрических размеров. Проведенные исследования с применением информационно-математического моделирования показывают, что получить радиальные пиломатериалы при распиловке бревен вразвал параллельно их оси практически невозможно. Однако, как показывают расчеты, раскрой бревен параллельно их образующей дает возможность увеличить выход радиальных пиломатериалов в среднем до 49,5%. Использование предлагаемой методики пиления вразвал с продольной распиловкой досок увеличивает выход таких пиломатериалов в среднем на 34 %. При этом следует иметь в виду, что при использовании бревен, имеющих образующую в форме параболы Нейля,

не удастся получить радиальные пиломатериалы даже при распиловке параллельно образующей.

Результаты данной работы подтверждают сделанные ранее выводы о влиянии диаметра бревен, формы их образующей, способа пиления на выход радиальных пиломатериалов. Кроме того, установлено, что на выход таких пиломатериалов влияет их толщина. Поэтому следует ввести подсортировку бревен по диаметру с целью получения максимального выхода радиальных пиломатериалов определенной толщины.

Исследования показывают возможность получения достаточного высокого выхода радиальных пиломатериалов при раскрое бревен развальным способом, а применение информационно-математического моделирования и технологии продольного раскроя демонстрирует возможность управления выходом различных видов пиломатериалов из бревен с различной формой образующей.

Литература

1. Национальная программа социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства РФ № 2464-р от 24.09.2020 // Доступ из справ.-правовой системы «Гарант». URL: <http://www.garant.ru> (дата обращения: 16.03.2022).
2. Venalainen M., Hu Y., Verkasalo E. Checking of radially sawn scots pine and Norway spruce wood // Natural resources. 2016. V. 7 (9). P. 505-514.
3. Holmberg H. Influence of grain angle on brinell hardness of scots pine (pinus sylvestris l.) // European journal of wood and wood products. 2000. V. 58 (2). P. 91-95.
4. Huang C., Gong M., Chui Y.H., Chan F. Mechanical behaviour of wood compressed in radial direction-part I. New method of determining the yield stress of wood on the stress-strain curve // Journal of bioresources and bioproducts. 2020. V. 5 (3). P. 186-195.

5. Huang C., Chui Y.H., Gong M., Chan F. Mechanical behaviour of wood compressed in radial direction: Part II. Influence of temperature and moisture content // *Journal of bioresources and bioproducts*. 2020. V. 5 (4). P. 266-275.
6. Аксенов П.П., Макарова Н.С., Прохоров И.К. Технология пиломатериалов. 2-е изд. М.: Лесная пром-сть, 1976. 480 с.
7. Щепкин В.Б. Повышение объемного и качественного выхода радиальных пиломатериалов при секторно-совмещенном способе раскря бревен: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2012. 16 с.
8. Istvanic J., Piljak K., Antonovic A., Beljo R. L., Jambrekov V., Pervan S. The theory and mathematical model underlying the radial sawing simulator - RadSawSim // *Forest products Journal*. 2010. V. 60 (1). P. 48-56.
9. Riesco Muñoz G., Remacha Gete A., Gasalla Regueiro M. Variation in log quality and prediction of sawing yield in oak wood (*Quercus robur*) // *Annals of forest science*. 2013. V. 70 (7). P. 695-706.
10. Sandberg D. Radially sawn timber - the primwood method for improved properties // *European journal of wood and wood products*. 2005. V. 63 (2). P. 94-101.
11. Sandberg D. Radially sawn timber // *Holz roh-werkstoff*. 1997. V. 55 (3). P. 175-182.
12. Черных П.Г., Ильюшенков Л.В., Черных П.П. Основные положения раскря бревен на радиальные пиломатериалы с использованием оборудования фирмы «KARA» // *Деревообрабатывающая пром-сть*. 2009. № 6. С. 22-24.
13. Черных А.Г., Ильюшенков Л.В. Получение радиальных черновых заготовок // *Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал*. 2006. № 3. С. 46-50.
14. Марченко Н.В. Особенности технологии пиления древесины на радиальные пиломатериалы // *Вестн. Черниговского гос. технологического ун-та. Сер. Технические науки*. 2013. № 4 (69). С. 216-221.
15. Бегункова Н.О., Исаев С.П., Бегунков О.И. Прогнозирование объемного выхода и вида строганого шпона на основе информационно-математического моделирования срезаемых слоев и их оценки // *Системы Методы Технологии*. 2013. № 3 (19). С. 151-156.
16. ГОСТ 28459-90. Таблица телевизионная испытательная универсальная 0286. Общие технические требования. Введ. 01.07.1990. М.: Стандартинформ, 2006. 10 с.
17. Бегункова Н.О., Исаев С. П., Бегунков О.И. Программный комплекс автоматизированного расчета объемного выхода и идентификации вида строганого шпона. Св. ГР. № 2013660838; зарег. в реестре программ 20.11.2013.
18. Исаев С.П., Бегункова Н.О., Бегунков О.И. Программный комплекс предсказательного моделирования текстуры поверхностей, формируемых при раскря круглого лесоматериала. Св. ГР. № 2013614119; зарег. в реестре программ 24.04.2013.
19. Исаев С.П. Коэффициент формы сортиментов - один из критериев рационального раскря хлыстов // *Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. Брянск: БГИТА, 2002. Вып. 4. С. 44-47.*
20. ГОСТ 24454-80. Пиломатериалы хвойных пород. Размеры. Введ. 01.01.1981. М.: Стандартинформ, 2007. 4 с.
2. Venalainen M., Hu Y., Verkasalo E. Checking of radially sawn scots pine and Norway spruce wood // *Natural resources*. 2016. V. 7 (9). P. 505-514.
3. Holmberg H. Influence of grain angle on brinell hardness of scots pine (*pinus sylvestris* L.) // *European journal of wood and wood products*. 2000. V. 58 (2). P. 91-95.
4. Huang C., Gong M., Chui Y.H., Chan F. Mechanical behaviour of wood compressed in radial direction-part I. New method of determining the yield stress of wood on the stress-strain curve // *Journal of bioresources and bioproducts*. 2020. V. 5 (3). P. 186-195.
5. Huang C., Chui Y.H., Gong M., Chan F. Mechanical behaviour of wood compressed in radial direction: Part II. Influence of temperature and moisture content // *Journal of bioresources and bioproducts*. 2020. V. 5 (4). P. 266-275.
6. Аксенов П.П., Макарова Н.С., Прохоров И.К. *Timber's technology: textbook for universities*. 2-е изд. М.: Лесная пром-сть, 1976. 480 p.
7. SHCHepkin V.B. Increasing the volume and quality yield of radial sawn timbers by a sector-combined method of cutting logs: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Voronezh, 2012. 16 p.
8. Istvanic J., Piljak K., Antonovic A., Beljo R. L., Jambrekov V., Pervan S. The theory and mathematical model underlying the radial sawing simulator - RadSawSim // *Forest products Journal*. 2010. V. 60 (1). P. 48-56.
9. Riesco Muñoz G., Remacha Gete A., Gasalla Regueiro M. Variation in log quality and prediction of sawing yield in oak wood (*Quercus robur*) // *Annals of forest science*. 2013. V. 70 (7). P. 695-706.
10. Sandberg D. Radially sawn timber - the primwood method for improved properties // *European journal of wood and wood products*. 2005. V. 63 (2). P. 94-101.
11. Sandberg D. Radially sawn timber // *Holz roh-werkstoff*. 1997. V. 55 (3). P. 175-182.
12. CHernyh P.G., Il'yushenkov L.V., CHernyh P.P. The main provisions for cutting logs into radial sawn timber using the company's equipment «KARA» // *Derevoobrabatvaushaya promishlennost' (Woodworking industry)*. 2009. № 6. P. 22-24.
13. CHernyh A.G., Il'yushenkov L.V. Getting radial rough blanks // *Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal (Forestry journal)*. 2006. № 3. P. 46-50.
14. Marchenko N.V. Features of technology of sawing of wood on radial saw-timbers // *Vestn. CHernigovskogo gos. tekhnologicheskogo un-ta. Ser. Tekhnicheskie nauki*. 2013. № 4 (69). P. 216-221.
15. Begunkova N.O., Isaev S.P., Begunkov O.I. Predicting volume yield and type of sliced veneer on the basis of information-mathematical modeling of cut layers and its evaluation // *Systems. Methods. Technologies*. 2013. № 3 (19). P. 151-156.
16. GOST 28459-90. The universal 0286 test-chart for monochrom and colour picture tubes and TV sets. General technical requirements. Vved. 01.07.1990. M.: Standartinform, 2006. 10 p.
17. Begunkova N.O., Isaev S. P., Begunkov O.I. Software package for automated calculation of volume yield and identification of the type of sliced veneer. Sv. GR. № 2013660838; zareg. v reestre programm 20.11.2013.
18. Isaev S.P., Begunkova N.O., Begunkov O.I. Software package for predictive modeling of surface textures formed under round timber cutting. Sv. GR. № 2013614119; zareg. v reestre programm 24.04.2013.
19. Isaev S.P. The shape's coefficient of the wood assortments is one of the criteria for the rational cutting of logs // *Lesnoj kompleks: sostoyanie i perspektivy razvitiya: sb. nach. tr. Bryansk: BGITA, 2002. Vyp. 4. P. 44-47.*
20. GOST 24454-80. Coniferous sawn timber. Sizes. Vved. 01.01.1981. M.: Standartinform, 2007. 4 p.

References

1. The national program for the socio-economic development of the Far East for the period up to 2024 and for the future up to 2035 [Elektronnyj resurs]: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF № 2464-r ot 24.09.2020 // Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant». URL: <http://www.garant.ru> (data obrashcheniya: 16.03.2022).