Научная статья
УДК 69.003.12
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205

Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели

© **Виталий Владимирович Пешков, Иван Алексеевич Алексанин**
Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
Автор, ответственный за переписку: Пешков Виталий Владимирович, pvv@istu.edu

Аннотация. Цель – разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства на примере автомобильной дороги А-331 «Вилюй» Тулун – Братск – Усть-Кут – Мирный – Якутск с использованием возможностей его цифровой модели. Методика исследования базировалась на изучении и оценке концепции BIM-моделирования, применяемой в отечественной и зарубежной практике на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства, в том числе с использованием ПО *Autodesk Revit* и систем автоматизированного управления дорожно-строительной техникой. Проведение капитального ремонта автомобильных дорог – одно их приоритетных направлений дорожных работ, целью которого является восстановление верхних слоев дорожной одежды с учетом требований ровности и шероховатости. Для повышения эффективности принимаемых управленческих решений целесообразно интегрировать в общепринятые этапы капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства средства 3D-моделирования, что оптимизирует проекты капитального ремонта и обеспечит их цифровую зрелось. На основании этого в статье представлена характеристика цифровой информационной модели объекта капитального строительства с учетом факторов, препятствующих ее массовому применению. Проанализированы этапы формирования организационно-технологической документации в разрезе аспектов применения автоматизированных средств проектирования. На примере автомобильной дороги А-331 «Вилюй» проведен анализ интеграции BIM-технологий в этап капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства. На основе применения цифровой модели объекта строительства разработаны графики производства работ, поставки материалов, потребности в машинах и механизмах, потребности в трудозатратах для производства работ. Доказано, что применение средств автоматизированного проектирования при осуществлении капитального ремонта объектов строительства позволяет получать фактическое распределение объемов ремонтных работ, определять плановый промежуток времени их выполнения и оптимизировать расход бюджетных сред и иных ресурсов.

Ключевые слова: капитальный ремонт, 3D-моделирование, технологии информационного моделирования, цифровизация, график работ

Для цитирования: Пешков В. В., Алексанин И. А. Разработка организационно-технических решений на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта строительства с использованием возможностей его цифровой модели // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 2. С. 196–205. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205.

Original article

Management and engineering solutions at the overhaul stage in the life cycle of constructing facilities using their digital models

Vitaly V. Peshkov, Ivan A. Aleksanin
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
Corresponding author: Vitaly V. Peshkov, pvv@istu.edu

Abstract. The study is aimed at the development of management and engineering solutions at the overhaul stage of a construction facility represented by A-331 “Vilyui” highway (Tulun – Bratsk – Ust'-Kut – Mirny – Yakutsk) using its digital model. The research methodology is based on the BIM modelling concept used in

domestic and foreign practice during the overhaul of construction facilities using *Autodesk Revit* software and automated control systems for road construction equipment. The overhaul repair of highways represents one of the priority directions in road construction, which is aimed at the restoration of upper road structural layers taking into account the evenness and roughness requirements. In order to improve the efficiency of management decisions, it is advisable to integrate 3D-modelling tools into the generally accepted overhaul stages in the life cycle of construction facilities, which optimizes the overhaul projects and ensures their digital maturity. On this basis, the article presents a digital information model for a capital construction object taking into account factors impeding its wide application. The stages of forming management and engineering documentation using automated design tools are analysed. An analysis of the integration of BIM technologies into the overhaul stage in the life cycle of construction objects was carried out using the example of A-331 "Vilyui" highway. Based on the applied digital model, the schedules of works and material supply were developed, along with the specification of requirements for machines, mechanisms and labour costs. The automated design tools applied during the overhaul of construction facilities were shown to be applicable for obtaining the actual distribution of the volumes of repair works, determining the planned time interval of their fulfilment, as well as optimizing the expenditure of the budgetary funds and other resources.

Keywords: overhaul, 3D modeling, information modeling technologies, digitalization, work schedule

For citation*:* Peshkov V. V., Aleksanin I. A. Management and engineering solutions at the overhaul stage in the life cycle of constructing facilities using their digital models. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2022;12(2):196-205. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-2-196-205.

Введение

Жизненный цикл объекта капитального строительства представляет собой систему взаимосвязанных, структурированных этапов, направленных на изменение объекта от момента его создания до полной ликвидации. Жизненный цикл автомобильных дорог можно разделить на отдельные этапы, обозначенные на рис. 1. Этап жизненного цикла «капитальный ремонт» может быть реализован при возникновении на этапе эксплуатации объекта дефектов в таких элементах, как строительные конструкции, системы инженерно-технического оборудования и т.д. При этом необходимо учитывать, что состав работ при капитальном и текущем ремонте различается во многих аспектах, в первую очередь он не изменяет несущей способности конструктивных элементов объекта капитального строительства и не влияет на их безопасность [1].

Методы

В соответствии со статьей 1 Градостроительного кодекса РФ капитальный ремонт объекта может затрагивать следующие элементы:

– строительные конструкции и их отдельные конструктивные элементы (за исключением несущих строительных конструкций);

– системы и элементы инженерно-технического обеспечения объекта[1].

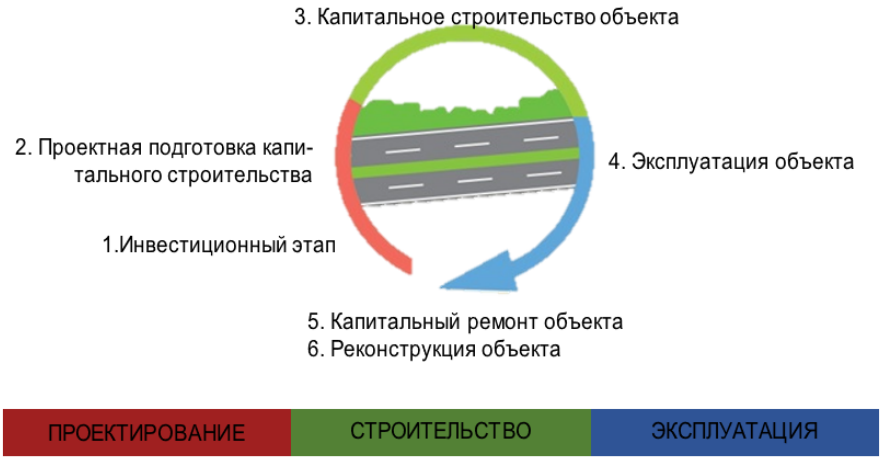

Рис. 1. Жизненный цикл автомобильных дорог
Fig. 1. Life cycle of roads

[1]Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 01.05.2022).

Таким образом, ремонтно-восстановительные работы, выполняемые при проведении капитального ремонта линейного объекта, не изменяют изначально установленную категорию объекта, а в основном направлены на восстановление и изменения отдельно взятых параметров объекта.

В соответствии с этим, процесс выполнения работ можно разделить на три фундаментальных этапа: подготовка проектной документации (проект организации капитального ремонта и проект производства работ), проведение капитального ремонта и приемка выполненных работ. Необходимо отметить, что каждый из вышеприведенных этапов требует автоматизации и интеграции информационных технологий.

Результаты и их обсуждение

Представление технических и технологических данных об объекте капитального строительства в объектном и пространственном виде возможно получить посредством применения информационной модели объекта, которая обладает рядом преимуществ, позволяющих минимизировать риски производства работ [2–4]:

– проведение всестороннего анализа и утверждение технических решений при проектировании и производстве работ;

– моделирование сетевых и календарных графиков с пересурсной разбивкой;

– построение внутрипроектной коммуникации с обеспечением доступа для каждого заинтересованного субъекта;

– получение любой документации, необходимой для принятия управленческих и технологических решений за счет функционирования электронного документооборота;

– формирование бюджетов, ведомостей работ и иных документов, необходимых для последующей калькуляции стоимости работ;

– визуализация всех этапов проведения ремонтно-восстановительных работ;

– формирование электронного паспорта объекта капитального строительства.

Вышеобозначенные преимущества могут быть реализованы в первую очередь при выполнении наиболее трудоемкого этапа строительного проектирования – организационно-технологического проектирования (ОТП), целью которого является проектирование процесса строительства будущего объекта капитального строительства, составление организационно-технологической документации на основании инженерных особенностей, конструктивных характеристик, архитектурных и иных решений[2]. Для комплекса работ, выполняемых на этапе ОТП, характерна многоаспектность, что говорит о целесообразности разделения данного этапа на две составляющие: формирование проекта организации строительства и проекта производства работ. Вместе с тем необходимо отметить, что все исходные и вновь создаваемые данные при формировании обозначенной документации не упорядочены и в большинстве случаев не оцифрованы, что приводит к низкому качеству проектирования, удорожанию проекта и переносу сроков строительства[3] [5].

На сегодняшний день рассматриваемый этап не автоматизирован в полной мере, что вызвано следующими факторами:

– строительство любых типов зданий, сооружений, комплексов непосредственно связано с землей и имеет привязку к местности, что генерирует ограничительные факторы в климатическом, природоохранном, экономическом, транспортном, социальном и других аспектах;

– каждая стройка уникальна, так как имеет отличительные характеристики, выражающиеся в назначении объекта, технологической и кадровой оснащенности организации и др., что усложняет интеграцию САПР;

– наличие значительного количества субъектов и иных ресурсов, задействованных при строительстве;

– на этапе проведения строительно-монтажных работ имеется большое количество комплектующих, что порождает вопросы их логистики, поставки и хранения;

– необходимость разработки актуального календарного планирования, которое будет учитывать не только наличие и мобильность того или иного механизма и ресурса при строительстве, но и их взаимодействие на этапе строительства;

– уникальность объектов строительства, что вызвано их архитектурными особенностями и дизайном, которые не поддаются формализации.

На сегодняшний день становится все более явной необходимость перехода на BIM-технологии, и можно наблюдать все больше примеров их использования при разработке и строительстве новых объектов, осуществ-

[2]НПК «Топоматик» [Электронный ресурс]. URL: http://www.topomatic.ru/ (10.03.2022).
[3]СП 48.13330.2019. СНиП 12-01-2004. Организация строительства (с изм. N 1): утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 24 декабря 2019 г. N 861/пр.

лении капитальных ремонтов объектов и т. д. [6–8]. На примере автомобильной дороги А-331 «Вилюй» (Иркутская область) рассмотрим применение технологий информационного моделирования на этапе капитального ремонта жизненного цикла объекта. Классификация объекта проведена по второй и третьей категориям. Согласно разработанной документации необходимо было запроектировать: пересечения и примыкания (30 ед.), водопропускные трубы (23 ед.), водопровод, канализацию, участки освящения и подпорно-оседающие стенки (рис. 2).

Рис. 2. BIM-модель автомобильной дороги
Fig. 2. BIM model of the road

Рассмотрим каждый этап проекта более подробно, с акцентом на автоматизацию проведения работ. Исходными данными для проектирования рассматриваемого объекта являются *инженерные изыскания*. Традиционно результаты инженерно-геологических изысканий передавались проектировщикам раздела «автомобильные дороги» («АД») в 2D-формате. Но при переходе на BIM-проектирование возникли и новые требования к исходным данным. Для обеспечения автоматизированного проектирования коридоры с реконструируемой дорожной одеждой в разделе «АД» проектировщикам необходимо обеспечить информационной 3D-моделью исходного дорожного полотна. В связи с этим возникла потребность разработки цифровой модели геологического строения существующей автомобильной дороги. Это позволит проектировщику максимально использовать существующую дорожную одежду, что даст значительную экономию средств заказчику при строительстве объекта [9].

Проектирование. Разработка BIM-модели капитального ремонта автомобильной дороги А-331 «Вилюй» – задача довольно специфичная и непростая при условии, что ранее не применялись технологии информационного моделирования при подготовке проектов для данной автомобильной дороги [10]. На заключительном этапе была разработана BIM-модель капитального ремонта дороги протяженностью 15 километров, что позволило автоматически получить выгрузку чертежей, объемов работ и конструктив слоев дорожной одежды.

Создание элементов организации дорожного движения. Для создания дорожных знаков, пешеходных переходов, автомобильных остановок использовались средства и элементы автоматизации программного комплекса *AutoCAD* [11].

Искусственные сооружения. Разработаны информационные цифровые модели шумозащитных экранов и водопропускных труб. Использованы водопропускные трубы двух типов (металлические гофрированные и железобетонные), которые были разработаны в *Autodesk Revit*[4]. На основании вышеприведенных и иных проектных данных составляется календарный график производства работ и рабочая документация для конкретного типа строительной техники, планируется логистика закупок и поставок изделий и материалов. Разрабатываются графики производства работ (рис. 3), поставки материалов, потребности в машинах и механизмах (рис. 4), потребности в трудозатратах для производства работ (рис. 5) с применением цифровой модели объекта строительства. Благодаря цифровой модели есть возможность оперативной корректировки данных графиков.

[4]Autodesk construction [Электронный ресурс]. URL: https://www.autodesk.com/bim-360/ (20.03.2022).

Согласовано:_______________
Технический директор
Трифонов Д.А.

Утверждаю:_____________
Главный инженер АО "Новые Дороги"
Шарамченко А.В.

График производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги А-331 "Вилюй" Тулун - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск на участке км 350+000 - км 357+000, Иркутская область

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Объем работ на 2022 год	Стоимость работ на 2022 год без учета НДС	Задельные работы на начало года, руб	График производства работ																									
						Апрель		Май						Июнь						Июль						Август					
						1.04.-10.04.		11.04.-20.04.		21.04.-30.04.		1.05.-10.05.		11.05.-20.05.		21.05.-31.05.		1.06.-10.06.		11.06.-20.06.		21.06.-30.06.		1.07.-10.07.		11.07.-20.07.		21.07.-31.07.		1.08.-10.08.	
						Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость	Объем	Стоимость
	Субподрядные работы																														
	ООО "Новые Дороги"																														
	Подготовительные работы																														
1	Демонтаж существующего ж/б по типу "Нью-джерси"	пм	542,14	284 624		542,14	284 624																								
2	Фрезерование существующего асфальтобетонного покрытия	м2	25393	1 793 495		12696	896 747	12697	896 748																						
	Земляное полотно																														
3	Земляное полотно	м3	52716	9 959 378	1 347 362			10544	1 991 876	10543	1 991 876	10543	1 991 876	10543	1 991 875	10543	1 991 875														
4	Нарезка кюветов	м3	9023	1 929 858	1 957 580			1805	385 972	1806	385 972	1806	385 972	1804	385 971	1804	385 971														
5	Морозозащитный слой	м3	31154	27 711 475				6231	5 542 295	6231	5 542 295	6231	5 542 295	6231	5 542 295	6230	5 542 295														
6	Планировочные работы	м2	175420	1 337 193				21928	167 150	21928	167 149	21928	167 149	21928	167 149	21927	167 149	21927	167 149	21927	167 149	21927	167 149								
	Дорожная одежда																														
7	Срезка существующей обочины	м3	2280,2	68 817						570,2	17 205	570	17 204	570	17 204	570	17 204														
8	Устройство выравнивающего слоя основания	м3	3390,3	8 175 174						848,3	2 043 794	848	2 043 794	847	2 043 793	847	2 043 793														
9	Устройство дополнительного слоя основания	м3	8438	20 346 843						2110	5 086 711	2110	5 086 711	2109	5 086 711	2109	5 086 710														
10	Устройство слоя основания АГБ	м2	69730,85	39 624 882						17433,85	9 906 221	17433	9 906 221	17432	9 906 220	17432	9 906 220														
11	Устройство основания на примыкании С5	м3			3 689 190																										
12	Устройство нижнего слоя покрытия	м2	65094,96	77 601 846										21698,96	25 867 282	21698	25 867 282					21698	25 867 282								
13	Устройство верхнего слоя покрытия	м2	65094,96	59 561 489												21698,96	19 853 830	21698	19 853 830					21698	19 853 829						
14	Устройство присыпных обочин	м3	7780,5	12 293 826												2594,5	4 097 942	2593	4 097 942					2593	4 097 942						
15	Укрепление обочин	м2	33327,2	11 306 243														11109,2	3 768 748	11109	3 768 748					11109	3 768 747				
16	Герметизация стыка полотен укладки асфальтобетона лентой стыковочной битумно-полимерной	п.м.	15718	1 757 475										3144	351 495	3144	351 495	3144	351 495			3143	351 495	3143	351 495						
	Отвод и сброс воды с проезжей части																														
17	Асфальтобетонный лоток вдоль кромки проезжей части	п.м.	8909,55	7 709 975												2970,55	2 569 992	2970	2 569 992					2969	2 569 991						
	ИССО ЗЕМРАБОТЫ																														
18	Удлинение КЖБТ d=1,5 м, ПК5+14 (разборка насыпи, демонтаж/монтаж, рытье и засыпка котлована, призма, восстановление насыпи)	м3	662,6	508 699	62 273	662,6	508 699																								
19	Удлинение КЖБТ d=1,5 м, ПК11+51 (разборка насыпи, демонтаж/монтаж, рытье и засыпка котлована, призма, восстановление насыпи)	м3	473,7	516 773	96 864	473,7	516 773																								
20	МГТ d=1,5 м на примыкании ПК1+31,30				1 172 744																										
	Обустройство, организация и безопасность движения																														
21	Устройство берм под дорожные знаки, под освещение и светофоры	м3	513	813 917																								513	813 917		
	Рекультивация																														
22	Технический этап	м2	8897	9 579																				2966	3 193	2966	3 193	2965	3 193		
	Временные, непредвиденные и прочие																														
23	Временные			12 668 281																							4 222 760		4 222 760		4 222 761
24	Непредвиденные			8 141 256																							2 713 752		2 713 752		2 713 752
25	Зимнее удорожание			11 432 214			952 685		952 685		952 685		952 685		952 685		952 685		952 684		952 684		952 684		952 684		952 684		952 684		
26	Обстановка, перевозка			3 090 458			257 538		257 538		257 538		257 538		257 538		257 538		257 538		257 538		257 538		257 538		257 539		257 539		
			Итого стоимость работ:	318 643 770	8 326 013		3 417 066		10 194 264		26 351 446		26 351 445		52 570 218		79 091 981		32 019 378		5 146 119		27 596 148		28 086 672		11 918 675		8 963 845		6 936 513
			ВСЕГО на 2022г с НДС по СМП:	392 363 740	9 991 216		4 100 479		12 233 117		31 621 735		31 621 734		63 084 262		94 910 377		38 423 254		6 175 343		33 115 378		33 704 006		14 302 410		10 756 614		8 323 816

Рис. 3. График производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги
Fig. 3. Schedule for the production of work on the overhaul of the highway

Согласовано:_____
Технический директор
Трифонов Д.А.

Утверждаю:_____
Главный инженер АО "Новые Дороги"
Шарамченко А.В.

График потребности в машинах и механизмах для производства работ по " капитальному ремонту автомобильной дороги А-331 "Вилюй" Тулун - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск на участке км 350+000 -км 357+000, Иркутская область"

№ п/п	Наименование машин и механизмов	Ед.изм.	Сменность	Апрель		Май			Всего маш/час	Июнь			Всего маш/час	Июль			Всего маш/час	Август			Всего маш/час
				1.04.-10.04.		11.04.-20.04.	21.04.-30.04.	1.05.-10.05.		11.05.-20.05.	21.05.-31.05.	1.06.-10.06.		11.06.-20.06.	21.06.-30.06.	1.07.-10.07.		11.07.-20.07.	21.07.-31.07.	1.08.-10.08.	
ООО "Новые Дороги"																					
1	Экскаватор гусеничный	шт	1			1	3	3	700	3	3	3	930	3	3	3	900	2	2		420
2	Бульдозер	шт	1			2	2	2	600	2	2	2	620	2	2	2	600	1	1		210
3	Автогрейдер	шт	1			1	1	1	300	1	1	1	310	1	1	1	300	1	1		210
4	Каток грунтовый	шт	1			2	2	2	600	2	2	2	620	2	2	2	600	1	1		210
5	Поливомоечная машина	шт	1			1	3	3	700	4	4	2	1 040	1	2	2	500	1	1		210
6	Ресайклер	шт	1				1	1	200	1	1		210								
7	Цементовоз	шт	1				1	1	200	1	1		210								
8	Автосамосвал	шт	1	2	200	7	7	7	2 100	17	17	17	5 270	7	17	17	4 100	5	5		1 050
9	Фреза	шт	1	1	100	1			100												
10	Фронтальный погрузчик	шт	1	1	100	1	1	1	300	1	1	2	410	2	1	1	400	2	1		310
11	Топливозаправщик	шт	1	1	100	1	1	1	300	1	1	1	310	1	1	1	300	1	1		210
12	Вахтовка	шт	1	1	100	1	1	1	300	2	2	2	620	1	2	2	500	1	1		210
13	Трал	шт	1			1			100	1			100	1			100	1			100
14	Обочиноукладчик	шт	1									1	100	1			100	1			100
15	Каток асфальтный	шт	1							3	3	3	930		3	3	600				
16	Асфальтоукладчик	шт	1							1	1	1	310		1	1	200				
17	Бобкэт	шт	1							1	1	1	310		1	1	200				
18	Автогудронатор	шт	1							1	1	1	310		1	1	200				
19	УАЗ	шт	1	2	200	2	2	2	600	2	2	2	620	2	2	2	600	2	2		420
20	Хайлюкс	шт	1	1	100	1	1	1	300	1	1	1	310	1	1	1	300	1	1		210

Рис. 4. График потребности в машинах и механизмах для производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги
Fig. 4. Schedule of the need for machines and mechanisms for the performance of work on the overhaul of the highway

Согласовано:_____
Технический директор
Трифонов Д.А.

Утверждаю:_____
Главный инженер АО "Новые Дороги"
Шарамченко А.В.

График потребности в трудозатратах для производства работ по " капитальному ремонту автомобильной дороги А-331 "Вилюй" Тулун - Братск - Усть-Кут - Мирный - Якутск на участке км 350+000 -км 357+000, Иркутская область"

№ п/п	Наименование вида работ	Ед. изм	Сменность	Апрель	Всего чел/час	Май			Всего чел/час	Июнь			Всего чел/час	Июль			Всего чел/час	Август			Всего чел/час
				1.04.-10.04.		11.04.-20.04.	21.04.-30.04.	1.05.-10.05.		11.05.-20.05.	21.05.-31.05.	1.06.-10.06.		11.06.-20.06.	21.06.-30.06.	1.07.-10.07.		11.07.-20.07.	21.07.-31.07.	1.08.-10.08.	
ООО "Новые Дороги"																					
1	Машинист экскаватора гусеничного	чел	1			1	3	3	770	3	3	3	1 023	3	3	3	990	2	2		462
2	Машинист бульдозера	чел	1			2	2	2	660	2	2	2	682	2	2	2	660	1	1		231
3	Машинист автогрейдера	чел	1			1	1	1	330	1	1	1	341	1	1	1	330	1	1		231
4	Машинист катка грунтового	чел	1			2	2	2	660	2	2	2	682	2	2	2	660	1	1		231
5	Водитель поливомоечной машины	чел	1			1	3	3	770	4	4	2	1 144	1	2	2	550	1	1		231
6	Машинист ресайклера	чел	1				1	1	220	1	1		231								
7	Водитель цементовоза	чел	1				1	1	220	1	1		231								
8	Водитель автосамосвала	чел	1	2	220	7	7	7	2 310	17	17	17	5 797	7	17	17	4 510	5	5		1 155
9	Машинист фрезы	чел	1	1	110	1			110												
10	Машинист фронтального погрузчика	чел	1	1	110	1	1	1	330	1	1	2	451	2	1	1	440	2	1		341
11	Водитель топливозаправщика	чел	1	1	110	1	1	1	330	1	1	1	341	1	1	1	330	1	1		231
12	Водитель вахтовки	чел	1	1	110	1	1	1	330	2	2	2	682	1	2	2	550	1	1		231
13	Водитель тралла	чел	1			1			110	1			110	1			110	1			110
14	Машинист обочиноукладчика	чел	1									1	110	1			110	1			110
15	Машинист катка асфальтного	чел	1							3	3	3	1 023		3	3	660				
16	Машинист асфальтоукладчика	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
17	Оператор асфальтоукладчика	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
18	Машинист бобкэта	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
19	Водитель автогудронатора	чел	1							1	1	1	341		1	1	220				
20	Мастер	чел	1	2	220	2	3	3	880	4	4	3	1 254	2	3	3	880	2	2		462
21	Производитель работ	чел	1	1	110	1	1	1	330	1	1	1	341	1	1	1	330	1	1		231
22	Геодезист	чел	1	4	440	4	4	4	1 320	4	4	4	1 364	4	4	4	1 320	4	4		924
23	Дорожный рабочий	чел	1	6	660	6	6	6	1 980	6	6	6	2 046	6	6	6	1 980	6	6		1 386

Рис. 5. График потребности в трудозатратах для производства работ по капитальному ремонту автомобильной дороги
Fig. 5. Schedule of the need for labor costs for the production of work on the overhaul of the highway

ISSN 2227-2917 (print)
ISSN 2500-154X (online)
Том 12 № 2 2022
с. 196–205
Vol. 12 No. 2 2022
pp. 196–205
Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate

Исходя из графиков, приведенных на рис. 3–5, формируется цифровая модель проекта автомобильной дороги А-331 «Вилюй» с детализацией фаз проведения капитального ремонта, реестром ресурсов, соотносящихся с календарным планированием проекта. Кроме того, при проведении этапа строительных работ, с целью оптимизации управления ремонтными работами, будут применяться системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой, функционирующие на принципах 2D- и 3D-моделирования, что позволит обеспечить соблюдение этапов, качества и сроков выполнения работ.

Заключение

Технология информационного моделирования (ТИМ) на этапе строительства позволяет полностью отследить состояние и ход проведения строительных работ, в том числе расход финансовых средств. Автоматизация позволяет принимать как оперативные, так и стратегические управленческие решения и обеспечивать информативность для всех субъектов строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дормидонтова Т. В., Золотых С. В., Климавичус Я. Э. Капитальный ремонт автомобильных дорог // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62-3. С. 73–78. https://doi.org/10.18411/lj-06-2020-67.
2. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 410 с.
3. Райкова Л. С., Петренко Д. А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 81–85.
4. Боровлев А. О., Скрыпников А. В., Высоцкая И. А., Брюховецкий А. Н., Никитин В. В. Автоматизированное проектирование продольного профиля лесовозных автомобильных дорог с учётом влияния зрительно плавных и изломанных линий // Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 10. С. 450–453.
5. Горячев М. Г., Лугов С. В., Калёнова Е. В. Анализ некоторых параметров зависимости для определения требуемой прочности нежёстких дорожных одежд при обосновании конструктивного решения по их усилению // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2020. № 2 (24). С. 4.
6. Leontiev DN, Ihnatenko AV, Synkovska OV, Ryzhikh LA, Smirnova NV, Aleksandrov YuV, et al. Fuel consumption of wheeled vehicle and transportation costs during highway construction/reconstruction // Наука и техника. 2021. Т. 20. № 6. p. 522-527. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-522-527.
7. Шарипов Р. Х. ТРИЗ нужна России: проблемы технического творчества // ТРИЗ-2009. Вып. 2. Чебоксары: Новое время, 2018. 412 с.
8. Григорьев С. Н., Смуров И. Ю. Перспективы развития аддитивного производства в России и за рубежом // Инновации. 2013. № 10 (180). С. 7682.
9. Жук А. Ю., Саблин С. Ю., Скрыпников А. В., Болтнев Д. Е., Высоцкая И. А. Исследование математической модели рельефа местности при проектировании автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 2 (50). С. 88–93. https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-2-88-93.
10. Рябова О. В., Скрыпников А. В., Козлов В. Г., Тихомиров П. В. Изучение географической среды для целей дорожного проектирования // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 1 (57). С. 84–95. https://doi.org/10.25987/VSTU.2020.57.1.008.
11. Кулижников А. М., Ануфриев А. А., Колесников И. П. Нормативная база для САУ 3D // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 37–42.

REFERENCES

1. Dormidontova TV, Zolotykh SV, Klimavichus YaE. Capital repairs of highways. *Tendentsii razvitiya nauki I obrazovaniya.* 2020;62-3:73-78. (In Russ.). https://doi.org/10.18411/lj-06-2020-67.
2. Talapov VV. Technology BIM: the essence and features of the implementation of building information modeling. Moscow: *DMK-Press*; 2015. 410 p. (In Russ.).
3. Raikova LS, Petrenko DA. Road construction on basis of 3D models. *SAPR I GIS avtomobil'nykh dorog*. 2014;2(3):81-85. (In Russ.).
4. Borovlev AO, Skrypnikov AV, Vysotskaya IA, Bryukhovetsky AN, Nikitin VV. Computer-aided

design of the longitudinal profile for logging highways, taking into account the influence of visually smooth and broken lines. *Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii*. 2021;75(10):450-453. (In Russ.).
5. Goryachev MG, Lugov SV, Kalyonova EV. Analysis of some dependence parameters for determining the required strength of flexible pavements when justifying the constructive decision to strengthening them. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura.* 2020;2(24):4. (In Russ.).
6. Leontiev DN, Ihnatenko AV, Synkovska OV, Ryzhikh LA, Smirnova NV, Aleksandrov YuV, et al. Fuel consumption of wheeled vehicle and transportation costs during highway construction/reconstruction. *Nauka i tekhnika = Science and Technique*. 2021;20(6):522-527. (In Russ.). https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-522-527.
7. Sharipov RKh. Russia needs TRIZ: problems of technical creativity. *TRIZ-2009*. Iss. 2. Cheboksary: Novoe vremya; 2018. 412 p. (In Russ.).
8. Grigoriev SN, Smurov IYu. Prospects for the development of additive manufacturing in Russia and abroad. *Innovatsii*. 2013;10(180):7682. (In Russ.).
9. Zhuk AYu, Sablin SYu, Skrypnikov AV, Boltnev DE, Vysotskaya IA. Investigation of the mathematical model of the terrain in the design of highways. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2021;2(50):88-93. (In Russ.). https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-2-88-93.
10. Ryabova OV, Skrypnikov AV, Kozlov VG, Tikhomirov PV. Studying a geographical environment for road design purposes. *Scientific journal of construction and architecture = Russian Journal of Building Construction and Architecture*. 2020;1(57):84-95. (In Russ.). https://doi.org/10.25987/VSTU.2020.57.1.008.
11. Kulizhnikov AM, Anufriev AA, Kolesnikov IP. Regulatory framework for ACS 3D. *SAPR I GIS avtomobil'nykh dorog*. 2014;2(3):37-42. (In Russ.).

Информация об авторах

В. В. Пешков,
доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой экспертизы
и управления недвижимостью,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: pvv@ex.istu.edu
https://orcid.org/0000-0001-7999-0999

И. А. Алексанин,
аспирант,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
e-mail: va.aleksanin@yandex.com

Information about the authors

Vitaly V. Peshkov,
Dr. Sci. (Econ.), Professor,
Head of the Department of Expertise and Real Estate Management,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: pvv@ex.istu.edu
https://orcid.org/0000-0001-7999-0999

Ivan A. Aleksanin,
Graduate student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: va.aleksanin@yandex.com

Вклад авторов

Пешков В. В., Алексанин И. А. имеют равные авторские права. Пешков В. В. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Peshkov V. V., Aleksanin I. A. have equal author's rights. Peshkov V. V. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 20.04.2022.
Одобрена после рецензирования 11.05.2022.
Принята к публикации 12.05.2022.

The final manuscript has been read and approved by the co-authors.

The article was submitted 20.04.2022.
Approved after reviewing 11.05.2022.
Accepted for publication 12.05.2022.