

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МАШИН УДАЛЕНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

кандидат технических наук, доцент **А.А. Платонов**¹

кандидат технических наук, доцент **О.В. Терновская**²

1 – ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,

г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,

г. Воронеж, Российская Федерация

Для содержания транспортных линейных инфраструктурных объектов в надлежащем состоянии на их территории в соответствии с требованиями ряда нормативных документов организуются работы по своевременному удалению произрастающей нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР). С учётом ранее выявленной автором недостаточной изученности вопроса определения возможной эффективности применения тех или иных технологических процессов удаления НДКР в различных природно-производственных условиях целью исследования являлось определение величин капитальных вложений на формирование систем машин, механизмов и оборудования для осуществления технологических процессов удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территорий ряда линейных инфраструктурных объектов (ЛИО). Для реализации цели исследования в статье для наиболее характерных технологических процессов удаления НДКР с территорий ЛИО была предложена система машин, механизмов и оборудования различного технического уровня и ценовой категории, соответствующих современным представлениям и тенденциям развития техники в области лесозаготовок и лесного хозяйства. С помощью предложенного в статье математического аппарата автором получены интервалы и величины капитальных вложений на формирование систем машин для наиболее характерных технологических процессов удаления НДКР, предложен термин «плато капитальных вложений на формирование систем машин», приведены рекомендации производству об экономически обоснованном сравнении ряда технологических процессов с целью выявления возможностей их замены.

Ключевые слова: линейный инфраструктурный объект, нежелательная растительность, удаление, технологический процесс, система машин, капитальные вложения

FEATURES OF CAPITAL INVESTMENT FORMATION FOR CREATION OF MACHINE SYSTEMS FOR UNWANTED VEGETATION REMOVAL

PhD (Engineering), Associate Professor **A.A. Platonov**¹

PhD (Engineering), Associate Professor **O.V. Ternovskaya**²

1 – FSBEI HE "Rostov State Transport University", Rostov-on-Don, Russian Federation

2 – FSBEI HE "Voronezh State Technical University", Voronezh, Russian Federation

Abstract

Activities for timely removal of growing unwanted tree and shrub vegetation (TSV) for the maintenance of transport linear infrastructure facilities in proper condition in accordance with the requirements of a number of regulatory documents have been organized. Taking into account previously revealed insufficient study of the issue of determining the possible effectiveness of the use of certain technological processes for TSV removal in various natural and industrial conditions, the purpose of the study was to determine the values of capital investments for the formation of machine systems, mechanisms and equipment for the implementation of technological processes for removing unwanted tree and shrub vegetation from territories of linear infrastructure objects (LIO). A system of machines, mechanisms and

equipment of various technical levels and price categories was proposed to implement the research goal of removing TSV from the territories of LIO. The system corresponds to modern concepts and trends in the development of technology in the field of logging and forestry. With the help of mathematical apparatus proposed in the article, the author has obtained intervals and amounts of capital investments for the formation of machine systems for the most characteristic technological processes for removing TSV. The term "plateau of capital investments for the formation of machine systems" has been proposed and recommendations for production on an economically justified comparison of a number of technological processes in order to identifying opportunities to replace them have been made.

Keywords: linear infrastructure object, unwanted vegetation, removal, technological process, machine system, capital investment

Введение

Для выполнения требований ряда нормативных документов [5, 8–10] о содержании линейных инфраструктурных объектов (полос отвода железных и автомобильных дорог, газо-, нефте- и продуктопроводов, тепловых сетей, а также линий высоковольтной передачи) в надлежащем состоянии на территориях вышеуказанных объектов организуются работы по своевременному удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР). Результаты проведённых нами в 2018–2019 гг. исследований выявили общую тенденцию к увеличению объёмов данных работ с достигнутой к настоящему времени общей протяжённостью среднегодовой виртуальной полосы удаления НДКР вдоль линейных частей инфраструктурных объектов в 29 019 пог. км. Нами было установлено, что в настоящее время при удалении НДКР с территорий линейных инфраструктурных объектов (ЛИО) в общей сложности находят применение более 50 технологических процессов (ТП), а более 30 % выполняемых ТП осуществляется в охранной зоне трасс высоковольтных линий (ВЛ). Кроме того, нами было определено, что при отсутствии единого технологического процесса, в равной степени соответствующего различным природно-производственным условиям выполнения работ на территориях ЛИО, лидерами по степени распространённости являются, например, такие ТП, как «Расчистка трассы (просеки) мульчированием» (37 % и 33 % для полос отвода железных дорог и охранных зон трасс ВЛ соответственно), «Срезание (вырубка) НДКР с последующим её дроблением в щепу» (34 % для охранных зон трасс магистральных нефтепроводов), «Срезание (вырубка) НДКР с последующей её вывозкой» (44 % и 35 % для охранных зон трасс магистральных газопроводов и полос от-

вода автомобильных дорог), «Вырубка НДКР с последующим её сжиганием» (52 % для полос отвода железных дорог).

Выполненный информационный поиск и анализ результатов работ, посвящённых исследованию темы надлежащего содержания объектов транспортных инфраструктур, позволил установить, что ряд отечественных [2, 3] и зарубежных [12–15] учёных наибольшее внимание в своих работах акцентируют на вопросах высокопроизводительных методов удаления НДКР (например, при помощи самоходного мульчера [1, 4, 11]), не уделяя (на наш взгляд) должного внимания иным способам и методам борьбы. При этом нами была выявлена недостаточная изученность вопроса определения возможной эффективности применения тех или иных технологических процессов удаления НДКР в различных природно-производственных условиях осуществления работ на территориях ЛИО.

Цель исследования

Определение величин капитальных вложений на формирование систем машин, механизмов и оборудования для осуществления технологических процессов удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территорий линейных инфраструктурных объектов с обоснованием целесообразности экономически обоснованного сравнения рассматриваемых технологических процессов.

Для реализации сформулированной цели исследований нам необходимо было решить следующие задачи:

– выявить наиболее характерные технологические процессы удаления нежелательной растительности с территорий инфраструктурных объектов транспорта;

– обосновать математический аппарат для определения величин капитальных вложений на формирование систем машин;

– установить целесообразность дальнейшего сравнения рассматриваемых технологических процессов удаления НДКР.

Материалы и методы исследований

Материалами исследований являлись актуальные на момент выполнения работы нормативные документы ряда акционерных обществ, посвящённые установлению требований к порядку и правилам удаления нежелательной древесной (а именно: кустарника, мелкокося, подлеска и поросли) растительности с территорий линейных объектов транспортной инфраструктуры.

При реализации указанной цели исследования нами рассматривались существующие технологические процессы (ТП), формирующие исключительно механические (срезанием, вырубанием и т.д.) способы удаления НДКР. Обработка полученных данных выполнялась в соответствии с общепринятыми методиками определения статистических характеристик.

Результаты исследований и их обсуждение

Выполненное нами исследование степени распространённости технологических процессов

удаления НДКР с территорий линейных инфраструктурных объектов (детальное рассмотрение результатов которого не входит в цели и задачи данной статьи) позволило разделить все существующие ТП на следующие группы (рис. 1).

С учётом многообразия природно-производственных условий (в которых находятся места воздействия на нежелательную древесно-кустарниковую растительность [6, 7]), различных финансовых возможностей организации-заказчика и исполнителя (в случае передачи на аутсорсинг) работ, а также целого ряда иных (в том числе неучтённых) факторов (рассмотрение которых также не входит в цели и задачи данной статьи), нами для наиболее характерных технологических процессов удаления НДКР с территорий ЛИО (с учётом исследованного нами производственного опыта ряда организаций) предлагается система машин, представленная в табл. 1.

В анализ нами были приняты машины, механизмы и оборудование различного технического уровня и ценовой категории, соответствующие, однако, при этом современным представлениям и тенденциям развития техники в области лесозаготовок и лесного хозяйства.

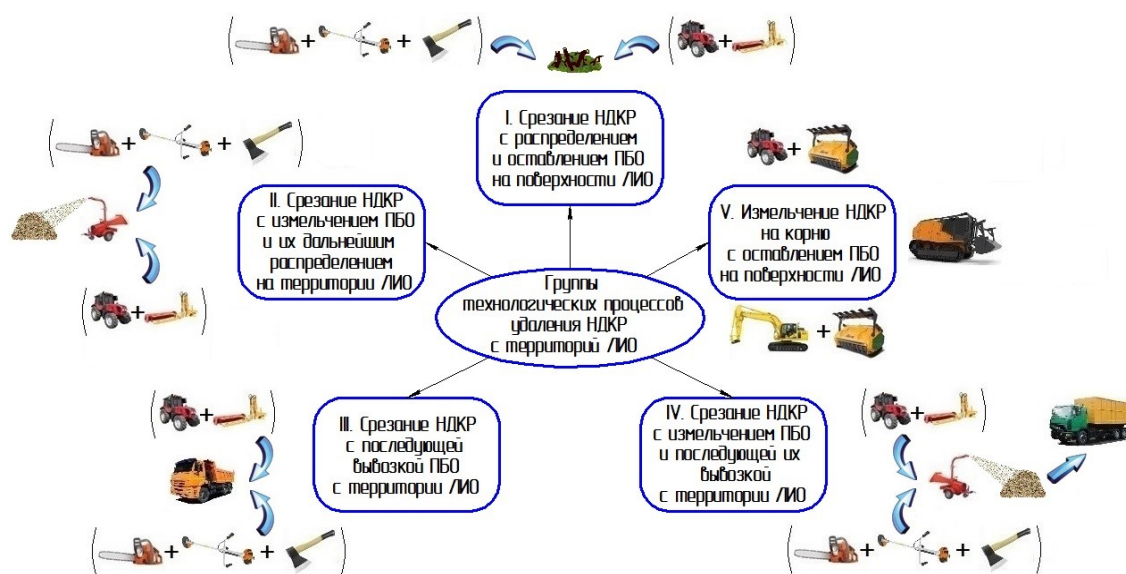


Рис. 1. Группы технологических процессов удаления нежелательной растительности с территорий ЛИО (собственная разработка авторов)

Капитальные вложения на формирование систем машин технологических процессов удаления
нежелательной древесно-кустарниковой растительности

Операция технологического процесса (ТП)		Марка машины, механизма, оборудования		Капитальные вложения, тыс. руб.		
сущность	способ			на 1 операцию ТП	Среднее	Итого (<u>min...max</u> , среднее)
1	2	3		4	5	6
<i>ТП1 – срезание НДКР с распределением и оставлением порубочных остатков на поверхности линейного инфраструктурного объекта</i>						
ТП 1.1	1.1.1 Срезание НДКР	р	Husquarna-254 (STIHL MS260, Oleo-Мас 941CX) и/или STIHL FS490 (STIHL HSE71, Husqvarna 545F) и/или STIHL 1926 (Fiskars X10Small)	42...106	77,5	<u>42...106</u> 77,5
	1.1.2 Сгребание ПБО	р	–	–	–	
ТП 1.2	1.2.1 Срезание НДКР	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + К-1.7 (К-78М, НО-82, БЛ-2, КРТ-1Б)	1517...2720	1944,3	<u>1727...5150</u> 3784,9
	1.2.2 Сгребание ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ЕМ 2200 (ГЛ-3000, ГУ Интатех, ЗПИ, ОУЛ-24)	210...2430	1840,6	
<i>ТП2 – срезание НДКР с измельчением порубочных остатков и их дальнейшим распределением на территории линейного инфраструктурного объекта</i>						
ТП 2.1	2.1.1 Срезание НДКР	р	Husquarna-254 (STIHL MS260, Oleo-Мас 941CX) и/или STIHL FS490 (STIHL HSE71, Husqvarna 545F) и/или STIHL 1926 (Fiskars X10Small)	42...106	77,5	<u>1543...5224</u> 2731,9
	2.1.2 Сгребание ПБО	р	–	–	–	
	2.1.3 Измельчение ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221)+ЕМ 160 (ЕМ-210, МДР-0.8, В200-Р Торнадо, ВОХЕР ВХ92R, ДП660Т) и/или ВТГ-90+Skorpion 250R/90 (Belarus-1502+Farmi CH260 DF)	1501...5118	2654,4	
ТП 2.2	2.2.1 Срезание НДКР	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + К-1.7 (К-78М, НО-82, БЛ-2, КРТ-1Б)	1517...2720	1944,3	<u>1908...10268</u> 6439,3
	2.2.2 Сгребание ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ЕМ 2200 (ГЛ-3000, ГУ Интатех, ЗПИ, ОУЛ-24)	210...2430	1840,6	
	2.2.3 Измельчение ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221)+ЕМ 160 (ЕМ-210, МДР-0.8, В200-Р Торнадо, ВОХЕР ВХ92R, ДП660Т) и/или ВТГ-90+Skorpion 250R/90 (Belarus-1502+Farmi CH260 DF)	181...5118	2654,4	
ТП 2.3	2.3.1 Срезание НДКР	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + К-1.7 (К-78М, НО-82, БЛ-2, КРТ-1Б)	1517...2720	1944,3	<u>2156...13238</u> 8537,1
	2.3.2 Сгребание ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ЕМ 2200 (ГЛ-3000, ГУ Интатех, ЗПИ, ОУЛ-24)	210...2430	1840,6	
	2.3.3 Измельчение ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221)+ЕМ 160 (ЕМ-210, МДР-0.8, В200-Р Торнадо, ВОХЕР ВХ92R, ДП660Т) и/или ВТГ-90+Skorpion 250R/90 (Belarus-1502+Farmi CH260 DF)	181...5118	2654,4	
	2.3.4 Захоронение (закапывание) ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ЕМ 100 (БЛ 21, Tifermec)	248...2970	2097,8	
<i>ТП3 – срезание НДКР с последующей вывозкой порубочных остатков с территории линейного инфраструктурного объекта</i>						
ТП 3.1	3.1.1 Срезание НДКР	р	Husquarna-254 (STIHL MS260, Oleo-Мас 941CX) и/или STIHL FS490 (STIHL HSE71, Husqvarna 545F) и/или STIHL 1926 (Fiskars X10Small)	42...106	77,5	<u>3892...4906</u> 4190
	3.1.2 Сгребание ПБО	р	–	–	–	
	3.1.3 Погрузка ПБО	р	–	–	–	
	3.1.4 Вывозка ПБО	м	УРАЛ NEXT 6x4 (FAW CA3250, МА3-551626-580-050, КамАЗ 65115-50)	3850...4800	4112,5	

Технологии. Машины и оборудование

Окончание табл. 1

1		2	3	4	5	6
ТП 3.2	3.2.1 Срезание НДКР	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + К-1.7 (К-78М, НО-82, БЛ-2, КРТ-1Б)	1517...2720	1944,3	<u>5685...12309</u> 9669,7
	3.2.2 Сгребание ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ЕМ 2200 (ГЛ-3000, ГУ Ингатеx, ЗПИ, ОУЛ-24)	210...2430	1840,6	
	3.2.3 Погрузка ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ПП-2.1 (ПКУ 0.8 КУН, Frontlift)	108...2359	1772,3	
	3.2.4 Вывозка ПБО	м	УРАЛ NEXT 6x4 (FAW CA3250, MA3-551626-580-050, КамАЗ 65115-50)	3850...4800	4112,5	
<i>ТП4 – срезание НДКР с измельчением порубочных остатков и последующей их вывозкой с территории линейного инфраструктурного объекта</i>						
ТП 4.1	4.1.1 Срезание НДКР	р	Husqvarna-254 (STIHL MS260, Oleo-Mac 941CX) и/или STIHL FS490 (STIHL HSE71, Husqvarna 545F) и/или STIHL 1926 (Fiskars X10Small)	42...106	77,5	<u>3618...9274</u> 6023,6
	4.1.2 Сгребание ПБО	р	–	–	–	
	4.1.3 Измельчение ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221)+ЕМ 160 (ЕМ-210, МДР-0.8, В200-Р Торнадо, BOXER ВХ92R, ДП1660Т) и/или ВТГ-90+Skorpion 250R/90 (Belarus-1502+Farmi CH260 DF)	1501...5118	2654,4	
	4.1.4 Вывозка ПБО	м	КАМАЗ 65115 (МАЗ 6501В9-445-000, МАЗ-543205-020 + САТ-105)	2075...4050	3291,7	
ТП 4.2	4.2.1 Срезание НДКР	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + К-1.7 (К-78М, НО-82, БЛ-2, КРТ-1Б)	1517...2720	1944,3	<u>3983...14318</u> 9731
	4.2.2 Сгребание ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221) + ЕМ 2200 (ГЛ-3000, ГУ Ингатеx, ЗПИ, ОУЛ-24)	210...2430	1840,6	
	4.2.3 Измельчение ПБО	м	МТЗ-82 (Belarus-920, Belarus-1221)+ЕМ 160 (ЕМ-210, МДР-0.8, В200-Р Торнадо, BOXER ВХ92R, ДП1660Т) и/или ВТГ-90+Skorpion 250R/90 (Belarus-1502+Farmi CH260 DF)	181...5118	2654,4	
	4.2.4 Вывозка ПБО	м	КАМАЗ 65115 (МАЗ 6501В9-445-000, МАЗ-543205-020 + САТ-105)	2075...4050	3291,7	
<i>ТП5 – измельчение НДКР на корню с оставлением порубочных остатков на поверхности линейного инфраструктурного объекта</i>						
ТП 5.1	5.1.1 Измельчение НДКР	м	МТЗ-82 (Belarus -1221, Belarus -1523, Belarus -2022) + ИЛН-2000 (FERRI TFC/R2000, UM-Forest 140M, W-forrest 1400, FAE UML/DT, Serrat Kastor 350 T-1500, Agrimaster AF 200)	2050...5460	3775,8	<u>2050...5460</u> 3775,8
ТП 5.2	5.2.1 Измельчение НДКР	м	Doosan 225 + SEPPI BMS (KOMATSU PC200 + DENISCIMAF DAH-150E)	7250...9790	8520	<u>7250...9790</u> 8520
ТП 5.3	5.3.1 Измельчение НДКР	м	АНВИ RT-130 (Ferri TSKF/F, PRIME TECH PT175, PRIME TECH PT300)	11500...21800	14775	<u>11500...21800</u> 14775

Условные обозначения: НДКР – нежелательная древесно-кустарниковая растительность;

ПБО – порубочные остатки;

«р» – ручной способ воздействия на НДКР; «м» – механизированный способ воздействия на НДКР.

Источник – собственная разработка авторов

При формировании табл. 1 нами была использована нумерация технологических процессов (ТП1, ТП2, ...), соответствующая предложенной нами группировке существующих технологических процессов (рис. 1), при этом базовые варианты ТП обозначались нами как ТП1.1, ТП2.1, ..., а технологические процессы, являющиеся развитием базового варианта, – как ТП1.2, ТП2.2, ТП2.3,

При указании марок технических средств механизации, приходящихся на одну операцию какого-либо технологического процесса, одна из машин (механизм, оборудование) принималась нами в качестве основной, а остальные машины (механизмы, оборудование) принимались нами в качестве дополнительных (способных заменить собой основную) и записывались при этом в скобках (например, ТП1.2, операция «1.2.1 Срезание НДКР»: МТЗ-82 – основная машина, Belarus-920 и Belarus-1221 – дополнительные машины).

При определении средних капитальных вложений на формирование систем машин нами принималась в расчет цена, указываемая официальными дилерами соответствующих машин, механизмов и оборудования по состоянию на 1.02.2020 г.

Интервал минимальных и максимальных величин капитальных вложений ($K_{TO_{ij}}^{\min} \dots K_{TO_{ij}}^{\max}$), приходящихся на одну j -ю технологическую операцию (ТО) i -го технологического процесса, определялся по формуле (тыс. р.)

$$\begin{cases} K_{TO_{ij}}^{\min} = \sum_{k=1}^n C_k^{\min} \\ K_{TO_{ij}}^{\max} = \sum_{k=1}^n C_k^{\max} \end{cases}, \quad (1)$$

где C_k^{\min} (C_k^{\max}) – минимальная (максимальная) цена требуемого для j -й технологической операции i -го технологического процесса машины, механизма и/или оборудования k -го наименования; n – количество наименований машин, механизмов и/или оборудования, применяемых в j -й технологической операции i -го технологического процесса.

Средняя величина капитальных вложений $K_{TO_{ij}}^{cp}$, приходящихся на одну j -ю технологическую операцию i -го технологического процесса, определялась по формуле (тыс. р.)

$$K_{TO_{ij}}^{cp} = \sum_{k=1}^n \frac{\sum_{p=1}^m C_p}{m}, \quad (2)$$

где C_p – цена требуемого для j -й технологической операции i -го технологического процесса p -й машины, механизма и/или оборудования k -го наименования; m – количество машин, механизмов и/или оборудования k -го наименования.

Интервал минимальных и максимальных величин капитальных вложений ($K_{ТП_i}^{\min} \dots K_{ТП_i}^{\max}$), приходящихся на i -й технологический процесс, определялся по формуле (тыс. р.)

$$\begin{cases} K_{ТП_i}^{\min} = \sum_{j=1}^u K_{TO_{ij}}^{\min} \\ K_{ТП_i}^{\max} = \sum_{j=1}^u K_{TO_{ij}}^{\max} \end{cases}, \quad (3)$$

где u – количество технологических операций в i -м технологическом процессе.

Средняя величина капитальных вложений $K_{ТП_i}^{cp}$, приходящихся на i -й технологический процесс, определялась по формуле (тыс. р.)

$$K_{ТП_i}^{cp} = \sum_{j=1}^u K_{TO_{ij}}^{cp}. \quad (4)$$

Визуализация результатов вычислений интервалов минимальных и максимальных (а также средних) величин капитальных вложений $K_{ТП}$ на формирование систем машин ТП удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности представлена на рис. 2.

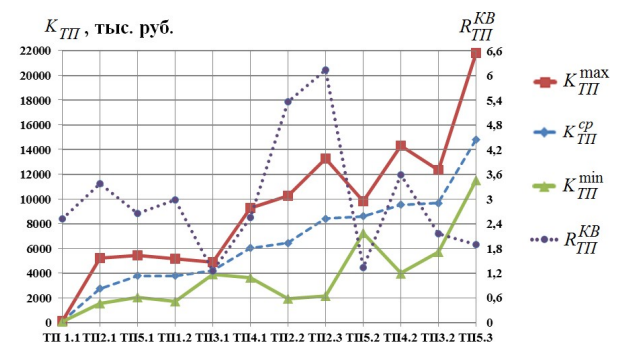


Рис. 2. Визуализация величин капитальных вложений на формирование систем машин технологических процессов удаления НДКР (собственная разработка авторов)

Детальный анализ вышеуказанных результатов вычислений величин капитальных вложений позволяет отметить следующее.

Наименьшие величины капитальных вложений (КВ) ожидаемо наблюдаются для ТП1.1, базовый вариант которого предусматривает срезание/вырубку НДКР с последующим оставлением порубочных остатков на поверхности ЛИО, а развитые варианты – лишь две основные технологические операции (срезание или вырубку нежелательной растительности с её последующим сгребанием), при этом для данного варианта ТП1 по нашим оценкам доля ручного труда доходит до 100 %. Для технологического процесса ТП1.1 нами был определён и размах необходимых для формирования системы машин капитальных вложений (в абсолютных величинах составивший $R'_{ТП1}^{KB} = K_{ТП1}^{\max} - K_{ТП1}^{\min} = 64\ 000$ р., что является наименьшим значением среди всех исследованных ТП). Однако при этом следует учесть, что малые средства механизации, применяемые в данном технологическом процессе, могут быть приобретены организациями-исполнителями работ по меньшим (чем было принято нами в расчёте) ценам (так называемые «непрофессиональные» бензопилы и кусторезы китайского производства), что, в свою очередь, приведёт к увеличению размаха капитальных вложений по абсолютной величине.

Наименьшая величина размаха капитальных вложений в относительных величинах ($R_{ТП1}^{KB} = K_{ТП1}^{\max} / K_{ТП1}^{\min} = 1,26$) наблюдается для ТП3.1, базовый вариант которого предусматривает срезание/вырубку НДКР с последующей вывозкой порубочных остатков с территории ЛИО, а развитые варианты – 4 основные технологические операции (срезание или вырубку нежелательной растительности с её последующим сгребанием, погрузкой и вывозкой порубочных остатков). Отдельно следует, на наш взгляд, отметить высокую (доходящую по нашим оценкам до 100 %) долю ручного труда в трёх из четырёх вышеназванных ТО. Учитывая, что для технологического процесса ТП3.1 в целом могут быть применены машины, механизмы и оборудование, аналогичные средства механизации для ТП1.1, определённая нами наименьшая величина

размаха капитальных вложений объясняется достаточно большим выбором при стабильно небольшом размахе цен на применяемые для удаления (вывозки) с территории ЛИО порубочных остатков. Выделим также технологический процесс ТП5, предусматривающий измельчение НДКР на корню с последующим оставлением порубочных остатков на территории ЛИО, вариант которого (ТП5.2) обладает по нашим расчётам величиной размаха относительных капитальных вложений $R_{ТП5}^{KB} = 1,35$, что объясняется установленным для данного ТП применением для удаления НДКР многофункциональной машины-экскаватора с варьируемой в относительно небольших пределах ценой.

Ожидаемо наибольшие КВ (при также наибольшем размахе необходимых КВ, составляющих по абсолютной величине $R'_{ТП5}^{KB} = 10,3$ млн р.) были выявлены нами для ТП5.3, предусматривающего лишь одну основную технологическую операцию, а именно измельчение на корню нежелательной растительности самоходным (специализированным) мульчером. Однако необходимо учесть, что наименьшая (но не принятая нами в данное исследование) цена нового самоходного мульчера, применяемого в рассматриваемом ТП, отличается от указанной нами в табл. 1 на 5...10 %, а наибольшая цена нового мульчера отличается на 50 % и более, что приводит к величине размаха абсолютных капитальных вложений $R'_{ТП5}^{KB} > 20$ млн р.

Наибольшие величины размаха капитальных вложений в относительных величинах ($R_{ТП2}^{KB} = 6,14$ и $R_{ТП3}^{KB} = 5,38$) наблюдаются для ТП2.2 и ТП2.3, для которых базовый вариант ТП предусматривает срезание/вырубку НДКР с последующим измельчением и оставлением порубочных остатков на территории ЛИО, а развитые варианты – 4 основные технологические операции (срезание или вырубку нежелательной растительности с последующим сгребанием и измельчением порубочных остатков, а в отдельных случаях – с их захоронением). Нам представляется бесспорным, что влияние технологической операции «Измельчение порубочных остатков» (а вернее, необходимости приобретения оборудования для её осуществления) «обеспечива-

ет» наибольшие размахи величин капитальных вложений для целого ряда ТП. Подтверждением этого служит то, что из 5 вариантов технологических процессов с максимальной величиной $R_{ТП}^{KB}$ (ТП2.3, ТП2.2, ТП4.2, ТП2.1, ТП1.2; рис. 2) в четырех из них предусмотрена ТО по измельчению порубочных остатков. В целом средняя цена на оборудование (установки) для измельчения порубочных остатков варьируется в пределах 200...400 тыс. р., которая (с учётом цен на остальные машины и механизмы, задействованные в выполнении вышеозначенных ТП), конечно, не оказывает значительного влияния на величину размаха KB. Однако следует учесть то, что привод вышеозначенных установок нередко осуществляется от трактора, задействованного в предыдущих технологических операциях, что, несомненно, занижает величину капитальных вложений, требуемых при организации работ по измельчению порубочных остатков. В то же время целым рядом реальных технологических процессов удаления НДКР с территории ЛИО обусловлена необходимость применения специализированных (болотоходных, в том числе на гусеничном ходу) тракторов (цены на которые зачастую значительно выше цен на «обычные» лесохозяйственные трактора на пневмоколёсном ходу) в связке с высокопроизводительными и мощными измельчителями срезанной растительности, что, несомненно, способно увеличить требуемые капитальные вложения.

Анализ средних величин капитальных вложений на формирование систем машин технологических процессов удаления НДКР позволяет отметить схожесть ряда ТП по данному критерию. В частности, по нашим оценкам, практически одинаковые величины средних капитальных вложений (нами может быть предложен термин «плато капитальных вложений на формирование систем машин» или сокращённо «плато KB») наблюдаются для вариантов технологических процессов ТП4.1 и ТП2.2 (отличающихся ТО «Вывозка порубочных остатков») и ТП4.2 и ТП3.2 (отличающихся технологической операцией по преобразованию порубочных остатков). При этом большая степень механизации на сгребание срезанной нежелательной растительности для варианта ТП2.2 (и преобразо-

вание срезанной растительности в щепу для варианта ТП4.2) будет менее капиталоемкой лишь при условии использования одной и той же машины на различных технологических операциях. Отдельное внимание следует уделить вариантам технологического процесса ТП5. По нашим оценкам «плато капитальных вложений» наблюдается для вариантов ТП5.1 и ТП1.2 (а также во многом и для ТП2.1), при этом минимальные KB на формирование варианта удаления НДКР измельчением (используя трактор + навесной мульчер) находятся на уровне практически всех принятых в исследование ТП. Аналогичное «плато KB» наблюдается для ТП2.3 и ТП5.2, при этом, несмотря на гораздо более низкие значения минимальных KB на формирование системы машин для ТП2.3 (предусматривающего измельчение и закапывание порубочных остатков), удаление нежелательной растительности при помощи многофункциональных машин с навесным мульчером может оказаться при определённых условиях менее капиталоемким.

С учётом вышеизложенного, для первоочередного рассмотрения вопроса об экономически обоснованном сравнении технологических процессов удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территории линейных инфраструктурных объектов с целью выявления возможностей замены одного ТП другим нами производственным предприятиям может быть рекомендован ряд нижеприведённых технологических процессов:

1. «Срезание кустарника и мелколесья (подлеска, поросли) вручную» + «Сгребание порубочных остатков вручную» + «Измельчение порубочных остатков» (ТП2.1); «Измельчение кустарника и мелколесья (подлеска, поросли) на корню механизированным способом трактором с мульчирующей навеской» (ТП5.1); «Срезание кустарника и мелколесья (подлеска, поросли) механизированным способом» + «Сгребание порубочных остатков механизированным способом» (ТП1.2).

2. «Срезание кустарника и мелколесья (подлеска, поросли) вручную» + «Сгребание порубочных остатков вручную» + «Измельчение порубочных остатков» + «Вывозка порубочных остатков» (ТП4.1); «Срезание кустарника и мелколесья (подлеска, поросли) механизированным способом» + «Сгребание порубочных остатков механизирован-

ным способом» + «Измельчение порубочных остатков» (ТП2.2).

3. «Срезание кустарника и мелкокося (подлеска, поросли) механизированным способом» + «Сгребание порубочных остатков механизированным способом» + «Измельчение порубочных остатков» + «Вывозка порубочных остатков» (ТП4.2); «Срезание кустарника и мелкокося (подлеска, поросли) механизированным способом» + «Сгребание порубочных остатков механизированным способом» + «Погрузка порубочных остатков механизированным способом» + «Вывозка порубочных остатков» (ТП3.2).

4. «Срезание кустарника и мелкокося (подлеска, поросли) механизированным способом» + «Сгребание порубочных остатков механизированным способом» + «Измельчение порубочных остатков» + «Захоронение (закапывание) порубочных остатков» (ТП2.3); «Измельчение кустарника и мелкокося (подлеска, поросли) на корню механизированным способом многофункциональной машиной с мульчирующей навеской» (ТП5.2).

Выводы и рекомендации

1. Установлено, что многообразие вариантов технологических процессов удаления НДКР вдоль линейных частей инфраструктурных объектов требует оценки эффективности их применения в конкретных природно-производственных условиях.

2. Определены интервалы и величины средних капитальных вложений на формирование систем машин, механизмов и оборудования для наиболее характерных технологических процессов.

3. Для внедрения в практику оценки эффективности применения технологических процессов в конкретных эксплуатационных условиях предложен термин «плато капитальных вложений на формирование систем машин».

4. Производственным предприятиям показан ряд технологических процессов для первоочередного рассмотрения возможности экономически обоснованного их сравнения.

Библиографический список

1. Антипов, Б. В. Мульчерные технологии в полосе отвода железных дорог / Б. В. Антипов, С. Ю. Маркелов, М. Т. Хайдаров. – Москва : Арсенал, 2013. – 115 с. – ISBN 578-4-271-00176-4.
2. Бартенев, И. М. Механизированный уход в лесных линейных насаждениях на повышенных скоростях / И. М. Бартенев, А. П. Жигунов // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8. – № 2 (30). – С. 233–239. – DOI: 10.12737/article_5b24060955e5a8.72125905.
3. Григорьев, И. В. Эффективные технологии и системы машин для малообъемных заготовок древесины / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. А. Чураков // Энергия: экономика, техника, экология. – 2018. – № 2. – С. 61–66.
4. Ивашнев, М. В. Теория и практика создания техники для непрерывного срезания древесно-кустарниковой растительности: моногр. / М. В. Ивашнев. – Петрозаводск : Verso, 2015. – 56 с. – ISBN 459-3-261-00119-5.
5. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14 ноября 2016 г. № 2288р : введ. в действие с 01.03.2017 г. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 286 с. – ISBN 7-424-00244-9.
6. Платонов, А. А. Структура формирования технологических процессов удаления нежелательной растительности с эксплуатационных объектов инфраструктуры / А. А. Платонов // Ползуновский альманах. – 2020. – № 1. – С. 65–68.
7. Платонов, А. А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А. А. Платонов // Resources and Technology. – 2017. – Т. 14. – № 2. – С. 33–48. – DOI: 10.15393/j2.art.2017.3761.
8. Постановление Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных

в границах таких зон» // ООО «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85368/ (дата обращения: 20.07.2020).

9. Постановление Правительства РФ от 2 сентября 2009 г. № 717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса» // ООО «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91367/ (дата обращения: 20.07.2020).

10. Правила эксплуатации магистральных газопроводов: СТО Газпром 2-3.5-454-2010 : утв. распоряжением ОАО «Газпром» от 24 мая 2010 г. № 130 : введ. в действие с 24.05.2010. – Москва : Газпром, 2010. – 164 с. – ISBN 348-4-207028-19-5.

11. Apattsev, V. Upgrading technological processes of operating the railway infrastructure facilities / V. Apattsev, V. Aksenov, A. Zavyalov // MATEC Web of Conferences 2018. – P. 04010. – DOI: 10.1051/mateconf/201823904010.

12. Chudy, R. P. Effects on forest products markets of second-generation biofuel production based on biomass from boreal forests: a case study from Norway / R. P. Chudy, H. K. Sjølie, B. Solberg // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2019. – № 34 (3). – P. 218–227. – DOI: 10.1080/02827581.2019.1578403.

13. Gerasimov, Y. Prospects of Forest Road Infrastructure Development in Northwest Russia with Proven Nordic Solutions / Y. Gerasimov, S. Senko, T. Karjalainen // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2013. – Vol. 28. – №. 8. – P. 758–774. – DOI: 10.1080/02827581.2013.838299.

14. Matthies, M. Role of vegetation on the overall persistence and long-range transport potential / M. Matthies, A. Beyer // Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. – 2003. – Vol. 17. – № 4. – P. 252–255. – DOI: 10.1007/s00477-003-0141-9.

15. Popa, M. On transport network reliability / M. Popa, E. Rosca, F.V. Ruscă // Transport Problems. – 2012. – Vol. 7. – № 3. – P. 127–134.

References

1. Antipov B.V., Markelov S.Yu., Khaidarov M.T. *Mul'chernyye tekhnologii v polose otvoda zheleznikh dorog* [Mulcher technologies in the railway right-of-way]. Moscow, 2013, 115 p. (in Russian). ISBN 578-4-271-00176-4.

2. Bartenev I.M., Zhigunov A.P. (2018) *Mekhanizirovannyi ukhod v lesnykh lineynykh nasazhdeniyakh na povyshennykh skorostyakh* [Mechanized care in linear forest plantations at high speeds]. *Lesotekhnicheskiiy zhurnal* [Forest Engineering Journal], vol. 8, no. 2 (30), pp. 233-239 (in Russian). DOI: 10.12737/article_5b24060955e5a8.72125905.

3. Grigoriev I.V., Grigorieva O.I., Churakov A.A. (2018) *Effektivnyye tekhnologii i sistemy mashin dlya maloob'yomnykh zagotovok drevesiny* [Effective technologies and systems of machines for small-volume timber harvesting]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya* [Energy: economics, technology, ecology], no. 2, pp. 61-66 (in Russian).

4. Ivashnev M.V. *Teoriya i praktika sozdaniya tekhniki dlya nepreryvnogo srezaniya drevesno-kustarnikovoy rastitel'nosti: monografiya* [Theory and practice of creating a technique for continuous cutting of tree and shrub vegetation: monograph]. Petrozavodsk, 2015, 56 p. (in Russian). ISBN 459-3-261-00119-5.

5. *Instruktsiya po tekushchemu sodержaniyu zheleznodorozhnogo puti: utverzhdeno rasporyazheniyem OAO «RZHD» ot 14 noyabrya 2016 g. № 2288r: vvod v deystviye s 01.03.2017 g.* [Instructions on the current maintenance of the railway track: approved. by order of JSC «Russian Railways» dated November 14, 2016 no. 2288r: entry into force from March 1, 2017]. Moscow, 2019, 286 p. (in Russian). ISBN 7-424-00244-9.

6. Platonov A.A. (2020) *Struktura formirovaniya tekhnologicheskikh protsessov udaleniya nezhelatel'noy rastitel'nosti s ekspluatatsionnykh ob'yektov infrastruktury* [The structure of the formation of technological processes for the removal of unwanted vegetation from operational infrastructure facilities]. *Polzunovskiy al'manakh* [Polzunovsky Almanac], no. 1, pp. 65-68 (in Russian).

7. Platonov A.A. (2017) *Tekhnologicheskiye protsessy udaleniya nezhelatel'noy rastitel'nosti razlichnymi sredstvami mekhanizatsii* [Technological processes for removing unwanted vegetation by various means of mechanization]. *Resources and Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 33-48 (in Russian). DOI: 10.15393/j2.art.2017.3761.

8. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 24 fevralya 2009 g. № 160 «O poryadke ustanovleniya okhrannykh zon ob"yektov elektrosetevogo khozyaystva i osobykh usloviy ispol'zovaniya zemel'nykh uchastkov, raspolozhennykh v granitsakh takikh zon»* [Decree of the Government of the Russian Federation of February 24, 2009 no. 160 «On the procedure for establishing protective zones for power grid facilities and special conditions for the use of land plots located within such zones»]. *ConsultantPlus LLC*. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85368 (date of access: 20.07.2020) (in Russian).

9. *Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 2 sentyabrya 2009 g. № 717 «O normakh otvoda zemel' dlya razmeshcheniya avtomobil'nykh dorog i (ili) ob"yektov dorozhnogo servisa»* [Decree of the Government of the Russian Federation of September 2, 2009 no. 717 «On the norms of land allotment for the placement of highways and (or) road service facilities»]. *ConsultantPlus LLC*. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91367 (date of access: 20.07.2020) (in Russian).

10. *Pravila ekspluatatsii magistral'nykh gazoprovodov: STO Gazprom 2-3.5-454-2010: utv. rasporyazheniyem OAO «Gazprom» ot 24 maya 2010 g. № 130: vvod v deystviye s 24.05.2010* [Rules for the operation of main gas pipelines: STO Gazprom 2-3.5-454-2010: approved. By order of JSC Gazprom dated May 24, 2010 no. 130: effective from May 24, 2010]. Moscow, 2010, 164 p. (in Russian). ISBN 348-4-207028-19-5.

11. Apattsev V., Aksenov V., Zavyalov A. (2018) Upgrading technological processes of operating the railway infrastructure facilities. *MATEC Web of Conferences*, p. 04010. DOI: 10.1051/mateconf/201823904010.

12. Chudy R.P., Sjolie H.K., Solberg B. (2019) Effects on forest products markets of second-generation biofuel production based on biomass from boreal forests: a case study from Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, no. 34(3), pp. 218-227. DOI: 10.1080/02827581.2019.1578403.

13. Gerasimov Y., Senko S., Karjalainen T. (2013) Prospects of Forest Road Infrastructure Development in Northwest Russia with Proven Nordic Solutions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, vol. 28, no. 8, pp. 758-774. DOI: 10.1080/02827581.2013.838299.

14. Matthies M., Beyer A. (2003) Role of vegetation on the overall persistence and long-range transport potential. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 17, no. 4, pp. 252-255. DOI: 10.1007/s00477-003-0141-9.

15. Popa M., Rosca E., Ruscă F.V. (2012) On transport network reliability. *Transport Problems*, vol. 7, no. 3, pp. 127-134.

Сведения об авторах

Платонов Алексей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры тягового подвижного состава ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация; e-mail: paa7@rambler.ru.

Терновская Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: olgaternovskay@yandex.ru.

Information about authors

Platonov Aleksey Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Traction Rolling Stock, FSBEI HE "Rostov State Transport University", Rostov-on-Don, Russian Federation; e-mail: paa7@rambler.ru.

Ternovskaya Olga Vladimirovna – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Engineering and Computer Graphics, FSBEI HE "Voronezh State Technical University", Voronezh, Russian Federation; e-mail: olgaternovskay@yandex.ru.