

УДК 620.92

**АНАЛИЗ ОДНОГО ВАРИАНТА
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫМ ТОПЛИВОМ
СТРОЯЩЕЙСЯ КОТЕЛЬНОЙ**

Герасимов Юрий Юрьевич

д.т.н., с.н.с.
НИИ леса Финляндии, Финляндия

Давыдков Геннадий Анатольевич
к.т.н., доцент

Селиверстов Александр Анатольевич
к.т.н., доцент

Соколов Антон Павлович
к.т.н., доцент

Сюнёв Владимир Сергеевич
д.т.н., проректор по научно-исследовательской
работе
*Петрозаводский государственный университет,
Петрозаводск, Россия*

Холодков Владимир Сергеевич
к.с.-х.н., с.н.с.
*Санкт-Петербургский государственный
технологический университет растительных
полимеров, Россия*

В статье приводятся результаты компьютерного имитационного моделирования функционирования лесозаготовительного производства в северном приладожье с учетом заготовки топливной древесины и поставки ее части на строящуюся новую котельную в г. Суоярви

Ключевые слова: ЗАГОТОВКА ДРЕВЕСИНЫ, ЛЕСНАЯ ЛОГИСТИКА, ЛЕСНАЯ БИОЭНЕРГЕТИКА, ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ

UDC 620.92

**SCENARIO OF WOOD-FUEL PROCUREMENT
FOR A NEW BOILER PLANT**

Gerasimov Yuriy Yurievich

Dr.Sci.Tech., senior researcher
Finnish Forest research Institute, Finland

Davydkov Gennadiy Anatolievich
Cand.Tech.Sci., associated professor

Seliverstov Aleksandr Anatolievich
Cand.Tech.Sci., associated professor

Sokolov Ateyht Pavlovich
Cand.Tech.Sci., associated professor

Syunev Vladimir Sergeevich
Cand.Tech.Sci., vice-rector for research work
Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Kholodkov Vladimir Sergeevich
Cand.Agr.Sci., senior researcher
*Saint Petersburg State Technological University
of Plant Polymers, Russia*

This article shows the results of computer simulation of wood harvesting in the North Ladoga region with wood-fuel production and delivery of its part to the new boiler plant in Suojarvi being under construction

Keywords: WOOD HARVESTING, FOREST LOGISTICS, FOREST BIOENERGY, SIMULATION, OPTIMIZATION

Введение

В лесных регионах древесное топливо может вполне стать одним из важнейших энергетических ресурсов, причем возобновляемым, в отличие от ископаемых видов. Это подтверждается уже существующим на сегодняшний день достаточно большим опытом многих стран. Одним из лидеров в использовании древесного топлива является Финляндия, где доля энергии, получаемой от сжигания древесного топлива, составляет 20% [2, 4, 14, 15]. Наряду с возобновляемостью, преимуществом этих видов топ-

лива является то, что они делают местную энергетику более устойчивой с точки зрения энергобезопасности, т. к. заготавливаются вблизи мест потребления и не требуют длительной транспортировки.

Республика Карелия является перспективным регионом с точки зрения широкого внедрения технологий использования древесного топлива. Уже сейчас во многих районах работают котельные на древесном топливе. Как правило, это небольшие по своей мощности объекты, использующие в качестве топлива дрова и топливную щепу. В последнее время рассматриваются проекты строительства более мощных энергостанций на древесном топливе. Важным моментом при проектировании таких объектов является организация бесперебойного снабжения их необходимым топливом.

В настоящее время в стадии завершения находится проект строительства в г. Суоярви теплостанции общей мощностью 18 МВт, работающей на щепе, древесных опилках и торфе. Предполагается установка двух котлоагрегатов на 12 и 6 МВт.

По всей видимости, для обеспечения такой теплостанции топливом должны будут задействованы сырьевые ресурсы не только Суоярвского района, но и соседних с ним.

Методы, инструменты, исходные данные

В ходе выполнения проектов «Новые трансграничные решения в области интенсификации ведения лесного хозяйства и повышения степени использования топливной древесины в энергетике», выполняемого в соответствии с программой добрососедства и партнерства KARELIA ENPI CBC, и «Технико-экономическая и эколого-социальная оценка перспективности заготовки древесной биомассы для нужд местной энергетики с использованием логистического подхода и ГИС-технологий», выполняемого по заданию Минобрнауки в рамках Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012-2016 г. в Петрозаводском государственном универ-

ситете был выполнен детальный анализ различных вариантов организации производства древесного топлива в условиях ОАО Ладэнсо - крупного лесозаготовительного предприятия, оперирующего на территории Питкярантского и Сортавальского районов [1, 5].

Анализ выполнялся с помощью разработанного комплекса компьютерных программ, подробно описанного в работах [1, 3, 5, 7-12, 17-20]. Для осуществления этой работы был собран большой объем информации и выполнено моделирование. При этом основной сделанный вывод заключался в том, что в рассматриваемых условиях наиболее эффективной является технология заготовки древесного топлива, при которой щепа из лесосечных отходов производится на погрузочных площадках в лесу с помощью мобильных рубительных машин и доставляется потребителям автомобилями-щеповозами, а дровяная древесина либо используется непосредственно, либо перерабатывается в щепу уже у потребителя [6, 13-15].

Тот факт, что Питкярантский и Сортавальский районы соседствуют с Суоярвским, а также то, что потенциальные ресурсы древесного топлива лесосырьевой базы ОАО Ладэнсо на сегодняшний день используются не полностью, дает основание полагать интересным исследование уровня эффективности такого потенциального производства с учетом возможности поставок на проектируемую энергостанцию в Суоярви.

Первым этапом работы стало определение баланса возможных объемов производства и потребления. ОАО Ладэнсо традиционно поставляет дровяную древесину для достаточно большого числа котельных Питкярантского и Сортавальского районов, некоторые из которых уже переведены на топливную щепу. При моделировании необходимо учесть необходимость полностью обеспечивать их сырьем и в дальнейшем. Кроме того, часть дров обычно реализуется населению. Это также должно быть учтено. На сегодняшний день все потребности в древесном топливе удовлетворяются за счет дровяной древесины. Топливная щепа из лесосечных отходов

не производится. Цель описываемой работы заключается в оптимизации лесной логистической системы ОАО Ладэнсо, моделировании ее функционирования и анализе полученных результатов с учетом внедрения производства топливной щепы, организации поставок древесного топлива на энергостанцию в Суоярви и при условии сохранения необходимых объемов поставок топлива традиционным потребителям.

По данным, предоставленным Министерством строительства, жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Карелия были определены существующие потребители древесного топлива, а также объемы потребления. Для удобства моделирования объемы были приведены к населенным пунктам (табл. 1).

Табл. 1. Потребление древесного топлива в Пикьярантском и Сортавальском районах

Место потребления	Годовой объем потребления, пл. куб. м.
<i>А. Топливная щепа</i>	
Калаамо	6500
Ряймяля	543
Ляскеля	2795
Салми	4223
Всего щепы	14061
<i>Б. Дровяная древесина</i>	
Рускеала	2300
Пуйккола	1500
Хелюля	4250
Питкьяранта	1484
Салми	1117
Хийденсельга	493
Рауталахти	3777
Импилахти	905
Всего дров	15826
ИТОГО	29887

Потребление топлива не происходит равномерно в течение года. Львиная его доля приходится на отопительный сезон (с октября по май). Причем практически на полную мощность котельные работают только в

декабре и январе, а в октябре, апреле и, особенно, в мае потребление в разы меньше. Поэтому моделирование функционирования логистической системы выполнялось для полугодового периода с октября по март включительно.

При моделировании использовались те же исходные данные, что и в предыдущей работе [1, 5]. При этом использовался вариант с применением комплекса машин на производстве топливной щепы из лесосечных отходов, состоящий из одной мобильной рубительной машины и двух автомобилей-щеповозов. Параметры всех машин были заданы такими же, как и в работе [1]. На основании данных Министерства строительства, жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Карелия были уточнены необходимые объемы поставок древесного топлива каждому потребителю по месяцам. К числу потребителей был добавлен город Суоярви с указанием, что он принимает как дрова, так и топливную щепу. Объем потребления в Суоярви не был ограничен с целью определения того максимального объема, который сможет поставить ОАО Ладэнсо при условии первоочередного обеспечения текущих потребителей.

На момент начала моделирования (1 октября) предполагалось, что у каждого потребителя имеется запас топлива, достаточный для работы в течение одного месяца при максимальной нагрузке. Также в состав делянок были внесены делянки, на которых работы производились в течение полугодия, предшествующего моделируемому. Причем в состав продукции, находящейся на верхних складах этих делянок были внесены только лесосечные отходы в объемах полученных при использовании одного из компонентов разработанного комплекса компьютерных программ - калькулятора объемов лесосечных отходов [19]. Эти объемы были сокращены на 10% с учетом наличия небольшого летнего потребления, а также необходимости формирования запасов у потребителей.

Дровяная древесина на склады летних делянок не добавлялась. Предполагается, что весь ее объем ушел на обеспечение спроса населения, формирование запасов у потребителей, а также на обеспечение горячего водоснабжения в летний период.

Результаты

В результате оптимизации работы логистической системы и имитационного моделирования был получен баланс потребления и поставок, представленный в табл. 2.

Табл. 2. Баланс потребления и поставок, пл. куб. м.

Потребитель	Тип	Запас на начало периода	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель		Май	
			Расход	Поставка	Остаток	Расход	Поставка	Остаток	Расход	Поставка	Остаток	Расход	Поставка	Остаток	Расход	Поставка	Остаток	Расход	Поставка	Остаток	Расход	Остаток	Расход	Остаток
Имплахти	Д	181	45	38	174	154	132	152	181	180	151	181	180	150	163	142	129	91	76	114	54	60	36	24
Хийденсельга	Д	99	28	28	99	84	76	91	99	76	68	99	94	63	89	66	40	49	28	19	30	-11	20	-31
Салми 1	Щ	845	211	243	877	718	689	847	845	851	853	845	810	819	760	729	788	422	405	770	253	517	169	348
Салми 2	Д	223	56	38	205	190	170	185	223	206	168	223	218	163	201	198	160	112	104	152	67	85	45	40
Хелюля	Д	850	213	208	845	723	720	842	850	826	818	850	842	810	765	738	783	425	398	756	255	501	170	331
Пуйккола	Д	300	75	66	291	255	266	302	300	322	324	300	292	316	270	246	292	150	140	282	90	192	60	132
Рауталаhti	Д	755	189	170	736	642	622	716	755	730	691	755	740	676	680	668	664	378	356	642	227	415	151	264
Рускеала	Д	460	115	104	449	391	370	428	460	454	422	460	454	416	414	406	408	230	218	396	138	258	92	166
Ряймяля	Щ	108	41	41	108	92	81	97	108	203	191	108	122	204	98	81	188	54	81	214	32	182	22	160
Питкяранта	Д	297	74	66	289	252	226	263	297	274	240	297	294	237	267	246	216	148	142	210	89	121	59	62
Ляскеля	Щ	559	140	162	581	475	527	632	559	527	600	559	648	689	503	527	712	279	284	716	168	549	112	437
Калаамо	Щ	1300	325	324	1299	1105	1094	1287	1300	1499	1486	1300	41	226	1170	1175	231	650	648	229	390	-161	260	-421
Суоярви	Д			474			1298			1146			1876			616			246					
	Щ			990			360			1080			3420			630			2070					
	С	1941	485	920	2376	1596	1460	2240	1941	1632	1931	1941	3415	3405	1578	900	2726	970	1178	2934	563	2371	375	1996
Итого	Д	3165	795	1192	3088	2691	3880	2979	3165	4214	2882	3165	4990	2831	2849	3326	2692	1583	1708	2571	950	1621	633	988
	Щ	2812	716	1760	2865	2390	2750	2864	2812	4158	3130	2812	5040	1938	2531	3141	1918	1406	3488	1930	844	1086	562	524
	С	7918	1996	2952	8329	6677	6630	8083	7918	8372	7943	7918	10030	8174	6958	6467	7336	3959	5196	7435	2357	5078	1570	3508

Д - дрова; Щ - щепы; С - сумма

В целом, в рассматриваемом периоде по результатам моделирования потребителям было поставлено 34943 пл. куб. м энергетической древесины. Из них, 19310 пл. куб. м - в виде дров и 15633 пл. куб. м - в виде топ-

ливной щепы. Все потребности традиционных покупателей топлива в рассматриваемом периоде удовлетворяются. Это подтверждается положительным остатком топлива на складах всех потребителей в каждом месяце с октября по март. Динамика изменений объемов остатков также представлена на рис. 1.

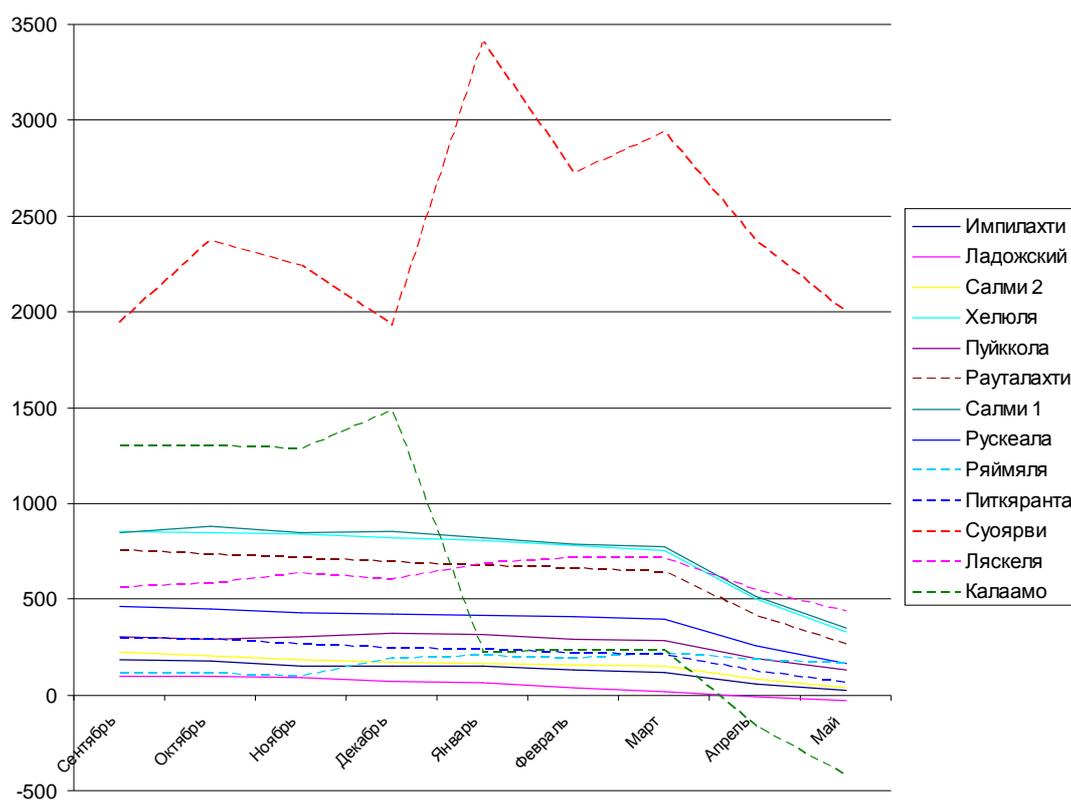


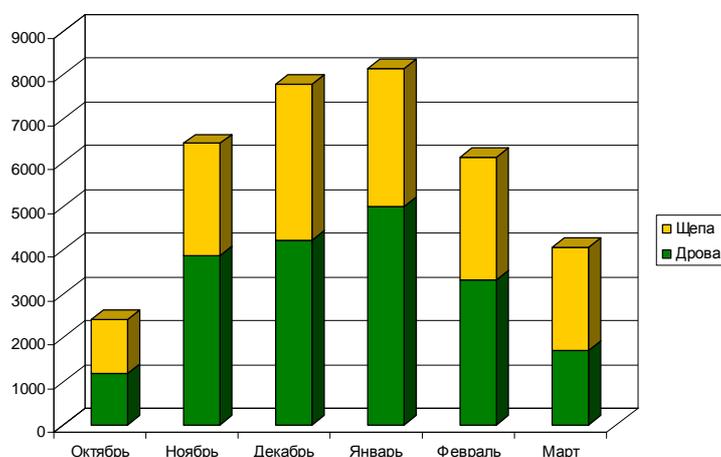
Рис. 1. Динамика изменения запасов топлива на складах потребителей, пл. куб. м.

Более того, в подавляющем большинстве случаев накопленных запасов хватает для завершения отопительного сезона. Это подтверждается положительными остатками на конец апреля и мая для большинства потребителей, хотя заготовка для этих месяцев не моделировалась. Это говорит о наличии некоторого запаса прочности рассматриваемой логистической системы, ведь на самом деле и в апреле и в мае заготовка вестись будет. Как правило, ее объем в эти месяцы составляет около 50% от обычного в связи с закрытием дорог, но все-таки он не равен нулю. Только в двух

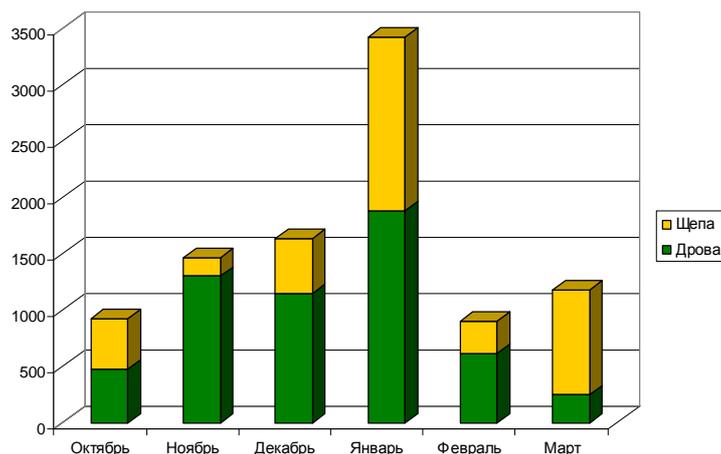
населенных пунктах не удастся закончить отопительный сезон, используя только накопленные запасы. В Хийденсельге запасы закончатся в районе 20 апреля, в Калаамо - в районе 15 апреля. Однако, даже в случае отсутствия заготовки в апреле и мае возможно обеспечить эти населенные пункты топливом за счет перераспределения запасов, накопленных на территориях других муниципальных образований.

Суоярви обеспечивалось топливом, что называется, по остаточному принципу - туда доставлялось все то, что не могли принять традиционные близко расположенные потребители. Поэтому распределение объемов поставок в Суоярви по месяцам достаточно неравномерное (рис. 2 б) в сравнении с распределением общего объема (рис. 2 а). Кроме того, на распределение объемов оказывало влияние взаимное пространственное расположение делянок и потребителей в каждый конкретный день.

Для определения объемов остатков на складе в Суоярви было сделано предположение, что на долю ОАО Ладэнсо приходится 1/3 обеспечения этого предприятия топливом, что соответствует максимальной мощности в 6 МВт. Было определено, что это примерно соответствует 9000 пл. куб. м. древесного топлива. Этот объем и был распределен по месяцам в соответствии с прогнозируемой нагрузкой. В таблице 2 - это значения в колонках «Расход» для Суоярви.



а



б

Рис. 2. Объемы поставок, пл. куб. м: а - общие; б - в Суоярви

Изменение объемов остатков на складе в Суоярви (конечно, здесь речь идет только об остатках топлива, поставляемого ОАО Ладэнсо, а другие возможные поставщики не учитываются) показывает, что поставки ОАО Ладэнсо вполне могут обеспечить эти 6 МВт (табл. 2, верхняя кривая на рис.1). Остаток всегда положителен и на конец мая примерно равен начальному. Учитывая же наличие заготовки в апреле и мае можно даже увеличить потребление. Так, если поставить целью свести все остатки к нулю к концу марта, то окажется, что поставки ОАО Ладэнсо могут обеспечить долю мощности котельной в 8,6 МВт; при условии сведения остатков к нулю к концу мая - в 7,5 МВт.

Наличие необходимых объемов и возможности их переработки и транспортировки еще не гарантируют высокой эффективности функционирования предприятия. Разработанный в петрозаводском государственном университете комплекс компьютерных программ позволяет проанализировать параметры производственных процессов, происходящих при реализации сгенерированного плана поставок.

Сначала приведем параметры, характеризующие работу комплекса машин на заготовке и транспортировке топливной щепы. На рис. 3. пока-

зано изменение заготавливаемых объемов в течение рассматриваемого периода.

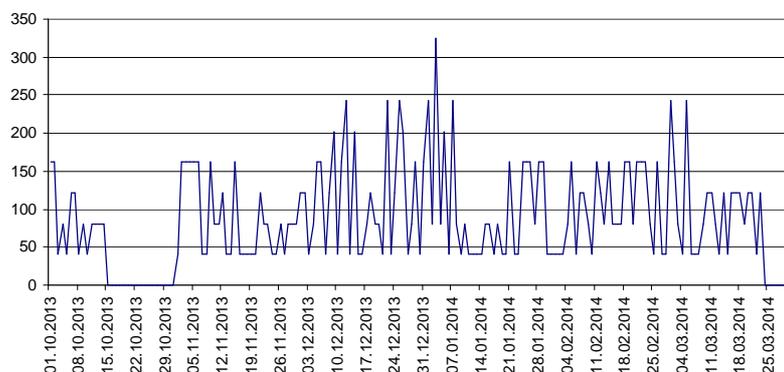


Рис. 3. Изменение заготавливаемых и перерабатываемых в щепу объемов лесосечных отходов, пл. куб. м.

Из данного графика видно, что комплекс машин работает практически в течение всего полугодического периода. Имеется простой с 15 по 31 октября, связанный с полным выполнением плана поставок, т. к. в октябре котельные еще работают далеко не на полную мощность. С этой же причиной связан простой в конце периода - с 24 по 31 марта.

Заготовленный объем колеблется от 40,5 до 324 пл. куб. м в сутки. В среднем он составляет 100 пл. куб. м в сутки, что в целом соответствует значениям, которые были получены при моделировании работы без учета поставок топливной древесины в Суоярви. Заготовленный объем в первую очередь зависит от расстояния транспортировки, т. е. от числа рейсов, которое автомобили-щеповозы успевают сделать в рассматриваемых сутках. Изменение расстояния транспортировки приведено на рис. 4.

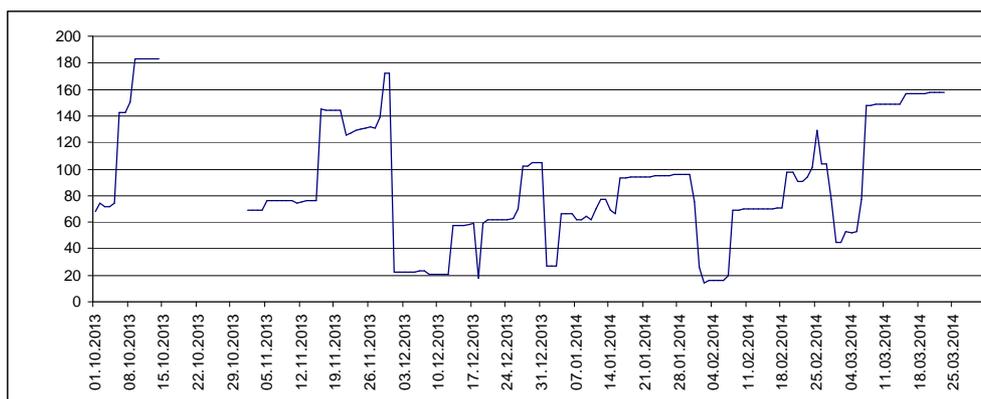


Рис. 4. Изменение расстояния транспортировки, км.

Расстояние транспортировки имеет очень большой разброс и распределено от 14 до 183 км, в среднем оно составляет 89 км. Это превосходит значения, полученные при моделировании без учета поставок в Суоярви, когда максимальное расстояние составляло 151 км, а среднее 75 км. Вообще, минимальное расстояние при поставках в Суоярви составило 77 км, максимальное - 183 км, среднее - 124 км.

Большое расстояние транспортировки серьезно влияет на такой важный показатель эффективности работы, как средний пробег автомобилей-щеповозов на один заготовленный кубометр лесосечных отходов, который в нашем случае составил 4,87 км/пл. куб. м, а в случае без учета Суоярви - составлял только 4,31 км/пл. куб. м, что на 11,5% меньше. Таким образом, в свою очередь, следует ожидать роста транспортных издержек на 1 куб. м также приблизительно на 10%.

Число рейсов выполняемых автомобилями-щеповозами за сутки колеблется от 1 до 8 и в среднем составляет 2,5. Общее число рейсов, выполненных за весь рассматриваемый период равняется 386.

Общий пробег автомобилей-щеповозов за сутки изменяется от 99 до 950 км со средним значением 485 км. Суммарный пробег автомобилей за анализируемое полугодие составляет 76181 км.

Значения коэффициента использования машин внутри смены примерно соответствуют случаю без учета поставок в Суоярви. Распределение этого коэффициента по дням расчетного периода показано на рис. 5.

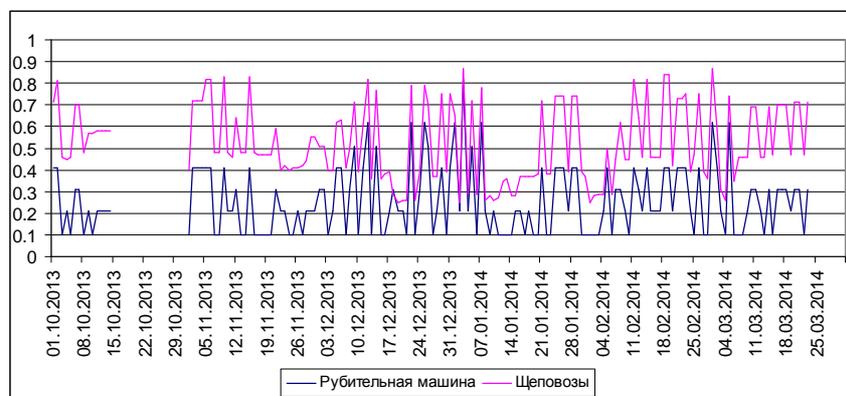


Рис. 5. Изменение коэффициента использования машин внутри смены

Средние значения составляют 0,25 для рубительной машины и 0,52 - для щеповозов.

Перевозку дровяной древесины осуществляют те же самые автомобили-сортиментовозы, которые перевозят деловую древесину. Т. к. часть дровяной древесины в рассматриваемом варианте также доставляется в Суоярви для переработки в щепу на месте, это оказывает влияние и на эффективность работы автомобилей-сортиментовозов. В целом среднее расстояние транспортировки увеличивается, что в нашем случае приводит к сокращению коэффициента использования сортиментовозов с 0,8 до 0,78, число перевезенных куб. м на один км пробега сокращается с 0,44 до 0,37, а доля грузового пробега увеличивается с 0,41 до 0,44.

Выводы

При условии сохранения годовых объемов заготовки и внедрении технологий производства щепы из лесосечных отходов на погрузочных площадках делянок, ОАО Ладэнсо может обеспечить около трети потребности в топливе новой энергостанции в г. Суоярви. При этом будут также в

полном объеме сохранены поставки топливной древесины традиционным потребителям в Сортавальском и Питкярантском районах.

При внедрении поставок в Суоярви следует ожидать повышения транспортных издержек на 1 куб. м приблизительно на 10%.

С другой стороны проведенный анализ показал, что в Сортавальском и Питкярантском районах существуют большие возможности для использования древесного топлива внутри самих этих районов. Даже с учетом того, что крупные котельные районных центров должны быть в скором времени переведены на газ, возможные объемы потребления древесного топлива при переходе на него всех остальных малых котельных в рассматриваемых районах оцениваются в размере 75000 пл. куб. м в год без учета потребностей населения в дровах. Тогда как доступные ресурсы ОАО Ладэнсо при сохранении объемов заготовки составляют примерно 56000 пл. куб. м в год. В таком случае использование древесных топливных ресурсов непосредственно на территориях районов будет значительно эффективнее за счет сокращения расстояний перевозки.

Литература

1. Герасимов Ю. Ю., Давыдков Г. А., Катаров В. К., Кильпелайнен С. А., Перский С. Н., Рожин Д. В., Селиверстов А. А., Соколов А. П., Суханов Ю. В., Сюнёв В. С. Апробация системы поддержки принятия решений в лесной биоэнергетике: технико-технологическое обоснование // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – №8 (82). – С. 564-588.
2. Герасимов Ю. Ю., Селиверстов А. А., Суханов Ю. В., Сюнёв В. С. Основные факторы планирования производства древесного топлива из древесной биомассы. // Ученые записки ПетрГУ. – 2011. – № 8. – С. 73-76.
3. Герасимов Ю. Ю., Соколов А. П. Методика принятия решений по оптимизации лесозаготовительных планов // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №5 (69). – С. 320-334.
4. Герасимов Ю. Ю., Сюнёв В. С., Соколов А. П., Селиверстов А. А., Катаров В. К., Суханов Ю. В., Рожин Д. В., Тюрлик И. И., Фирсов М. В. Рациональное использование древесины и лесосечных отходов в биоэнергетике: оценка потенциалов и технологических подходов // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №9 (73). – С. 576-587.
5. Герасимов, Ю.Ю. Апробация системы поддержки принятия решений по использованию древесины в биоэнергетике: технико-экономическое обоснование /

- Ю.Ю. Герасимов, А.П. Соколов, В.С. Сюнёв, Ю.В. Суханов // Ученые записки ПетрГУ. - Петрозаводск, 2012. - Т.1, №.8 (128). - С.90-94.
6. Селиверстов А. А., Сюнев В. С., Герасимов Ю. Ю., Суханов Ю. В., Катаров В. К. Оценка эффективности производства топливной щепы на лесном терминале // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 8. – С. 25-27.
 7. Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю. Геоинформационная система для решения оптимизационной задачи транспортной логистики круглых лесоматериалов // Известия высших учебных заведений «Лесной журнал». – 2009. – № 3. – С. 78-85.
 8. Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю. Система поддержки технологий по производству и логистике древесного топлива: алгоритмы и оптимизация // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Т. 31, №.1-2. – С.208-214.
 9. Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю. Система поддержки технологий по производству и логистике древесного топлива: методика и модели // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Т. 31, №.1-2. – С.200-207.
 10. Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю., Селиверстов А. А. Методика оптимизации парка автомобилей на вывозке сортиментов на основе имитационного моделирования в среде ГИС // Ученые записки ПетрГУ. – 2009. – №11(105). – С. 72-77.
 11. Соколов А.П., Герасимов Ю.Ю., Сюнев В.С., Карьялайнен Т. Оптимизация логистики лесозаготовок // Resources and Technology. - Петрозаводск : ПетрГУ, 2012. - №9 (2). - С.117-128.
 12. Соколов А.П., Герасимов Ю.Ю. Система лесозаготовительной логистики для сортиментной технологии с учетом возможности заготовки топливной древесины // Лесной вестник МГУЛ. - М: МГУЛ, 2013. - №1(93). - С.145-149.
 13. Суханов Ю. В., Герасимов Ю. Ю., Селиверстов А. А., Соколов А. П. Технологические цепочки и системы машин для сбора и переработки древесной биомассы в топливную щепу при сплошнолесосечной заготовке в сортиментах // Системы Методы Технологии. – 2011. – №4(12). – С. 101-107.
 14. Суханов Ю. В., Герасимов Ю. Ю., Селиверстов А. А., Сюнев В. С. Системы машин для производства топливной щепы из древесной биомассы по технологии заготовки деревьями // Тракторы и сельхозмашины, – 2012. – № 1. – С. 7-13.
 15. Суханов Ю.В. Оценка экономической эффективности систем машин для производства топливной щепы в Республике Карелия [Электронный ресурс] / Ю.В. Суханов, А.П. Соколов, Ю.Ю. Герасимов // Resources and Technology. - 2013. - Т.10, №.1. - С.1-23. - Режим доступа: <http://rt.petrSU.ru/files/pdf/1941.pdf>.
 16. Gerasimov Y, Karjalainen T. Energy wood resources in Northwest Russia // Biomass and Bioenergy. – 2011. – 35. – P. 1655-1662.
 17. Gerasimov Y. Y., Sokolov A. P., Karjalainen T. GIS-based Decision-Support Program for Planning and Analyzing Short-Wood Transport in Russia // Croatian Journal of Forest Engineering. – 2008. – Vol. 29, Issue 2. – P. 163-175.
 18. Gerasimov Y., Sokolov, A. & Siounev, V. Optimization of industrial and fuel wood supply chain associated with cut-to-length harvesting. // Systems. Methods. Technologies – №3 (11) – 2011. – P. 118-124.
 19. Gerasimov Yu.Yu. Development Trends and Future Prospects of Cut-to-length Machinery [Text] / Yu.Yu. Gerasimov, A.P. Sokolov, V.S. Syunëv // Advanced Materials Research. - 2013. - vol.705. - P.468-473.
 20. Gerasimov Yu.Yu. Improving Cut-to-length Operations Management in Russian Logging Companies Using a New Decision Support System / Yu.Yu. Gerasimov, A.P. Sokolov, D.. Fjeld // Baltic Forestry. - 2013. - vol.19, №.1(36). - P.89-105.

References

1. Gerasimov Ju. Ju., Davydkov G. A., Katarov V. K., Kil'pelajnen S. A., Perskij S. N., Rozhin D. V., Seliverstov A. A., Sokolov A. P., Suhanov Ju. V., Sjunjov V. S. Aprobacija sistemy podderzhki prinjatija reshenij v lesnoj biojenergetike: tehniko-tehnologicheskoe obosnovanie // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2012. – №8 (82). – S. 564-588.
2. Gerasimov Ju. Ju., Seliverstov A. A., Suhanov Ju. V., Sjunjov V. S. Osnovnye faktory planirovaniya proizvodstva drevesnogo topliva iz drevesnoj biomassy. // Uchenye zapiski PetrGU. – 2011. – № 8. – С. 73-76.
3. Gerasimov Ju. Ju., Sokolov A. P. Metodika prinjatija reshenij po optimizacii lesozagotovitel'nyh planov // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2011. – №5 (69). – S. 320-334.
4. Gerasimov Ju. Ju., Sjunjov V. S., Sokolov A. P., Seliverstov A. A., Katarov V. K., Suhanov Ju. V., Rozhin D. V., Tjurlik I. I., Firsov M. V. Racional'noe ispol'zovanie drevesiny i lesosechnyh othodov v biojenergetike: ocenka potencialov i tehnologicheskikh podhodov // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2011. – №9 (73). – S. 576-587.
5. Gerasimov, Ju.Ju. Aprobacija sistemy podderzhki prinjatija reshenij po ispol'zovaniju drevesiny v biojenergetike: tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie / Ju.Ju. Gerasimov, A.P. Sokolov, V.S. Sjunjov, Ju.V. Suhanov // Uchenye zapiski PetrGU. - Petrozavodsk, 2012. - T.1, №.8 (128). - S.90-94.
6. Seliverstov A. A., Sjunjov V. S., Gerasimov Ju. Ju., Suhanov Ju. V., Katarov V. K. Ocenka jeffektivnosti proizvodstva toplivnoj shhepy na lesnom terminale // Traktory i sel'hozmashiny. – 2012. – № 8. – S. 25-27.
7. Sokolov A. P., Gerasimov Ju. Ju. Geoinformacionnaja sistema dlja reshenija optimizacionnoj zadachi transportnoj logistiki kruglyh lesomaterialov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij «Lesnoj zhurnal». – 2009. – № 3. – S. 78-85.
8. Sokolov A. P. , Gerasimov Ju. Ju. Sistema podderzhki tehnologij po proizvodstvu i logistike drevesnogo topliva: algoritmy i optimizacija // Hvojnye boreal'noj zony. – 2013. – T. 31, №.1-2. – S.208-214.
9. Sokolov A. P. , Gerasimov Ju. Ju. Sistema podderzhki tehnologij po proizvodstvu i logistike drevesnogo topliva: metodika i modeli // Hvojnye boreal'noj zony. – 2013. – T. 31, №.1-2. – S.200-207.
10. Sokolov A. P., Gerasimov Ju. Ju., Seliverstov A. A. Metodika optimizacii parka avtomobilej na vyvozke sortimentov na osnove imitacionnogo modelirovaniya v srede GIS // Uchenye zapiski PetrGU. – 2009. – №11(105). – S. 72-77.
11. Sokolov A.P., Gerasimov Ju.Ju., Sjunjov V.S., Kar'jalajnen T. Optimizacija logistiki lesozagotovok // Resources and Technology. - Petrozavodsk : PetrGU, 2012. - №9 (2). - S.117-128.
12. Sokolov A.P., Gerasimov Ju.Ju. Sistema lesozagotovitel'noj logistiki dlja sortimentnoj tehnologii s uchetom vozmozhnosti zagotovki toplivnoj drevesiny // Lesnoj vestnik MGUL. - M: MGUL, 2013. - №1(93). - S.145-149.
13. Suhanov Ju. V., Gerasimov Ju. Ju., Seliverstov A. A., Sokolov A. P. Tehnologicheskie cepochki i sistemy mashin dlja sбора i pererabotki drevesnoj biomassy v toplivnuju shhepu pri sploshnolesosechnoj zagotovke v sortimentah // Sistemy Metody Tehnologii. – 2011. – №4(12). – S. 101-107.
14. Suhanov Ju. V., Gerasimov Ju. Ju., Seliverstov A. A., Sjunjov V. S. Sistemy mashin dlja proizvodstva toplivnoj shhepy iz drevesnoj biomassy po tehnologii zagotovki derev'jami // Traktory i sel'hozmashiny, – 2012. – № 1. – С. 7-13.
15. Suhanov Ju.V. Ocenka jekonomicheskoy jeffektivnosti sistem mashin dlja proizvodstva toplivnoj shhepy v Respublike Karelija [Jelektronnyj resurs] / Ju.V. Suhanov, A.P.

Sokolov, Ju.Ju. Gerasimov // Resources and Technology. - 2013. - T.10, №.1. - S.1-23. - Rezhim dostupa: <http://rt.petrso.ru/files/pdf/1941.pdf>.

16. Gerasimov Y, Karjalainen T. Energy wood resources in Northwest Russia // Biomass and Bioenergy. – 2011. – 35. – P. 1655-1662.

17. Gerasimov Y. Y., Sokolov A. P., Karjalainen T. GIS-based Decision-Support Program for Planning and Analyzing Short-Wood Transport in Russia // Croatian Journal of Forest Engineering. – 2008. – Vol. 29, Issue 2. – P. 163-175.

18. Gerasimov Y., Sokolov, A. & Siounev, V. Optimization of industrial and fuel wood supply chain associated with cut-to-length harvesting. // Systems. Methods. Technologies – №3 (11) – 2011. – P. 118-124.

19. Gerasimov Yu.Yu. Development Trends and Future Prospects of Cut-to-length Machinery [Text] / Yu.Yu. Gerasimov, A.P. Sokolov, V.S. Syunjov // Advanced Materials Research. - 2013. - vol.705. - P.468-473.

20. Gerasimov Yu.Yu. Improving Cut-to-length Operations Management in Russian Logging Companies Using a New Decision Support System / Yu.Yu. Gerasimov, A.P. Sokolov, D.. Fjeld // Baltic Forestry. - 2013. - vol.19, №.1(36). - P.89-105.