

Лаптев Юрий Викторович

доктор технических наук,
заведующий лабораторией
управления качеством
минерального сырья (УКР),
Институт горного дела УрО РАН,
620219, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58

Титов Роман Сергеевич

младший научный сотрудник
лаборатории УКР,
Институт горного дела УрО РАН

Яковлев Андрей Михайлович

младший научный сотрудник
лаборатории УКР,
Институт горного дела УрО РАН

Яковлев Михаил Викторович

главный специалист
по информационному маркетингу,
Институт горного дела УрО РАН

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РАСЧЕТОВ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВО-
ДИТЕЛЬНОСТИ БОЛЬШЕГРУЗНОГО
АВТОТРАНСПОРТА В КАРЬЕРАХ
ОАО «УРАЛАСБЕСТ»**

Аннотация:

В статье описана методика автоматизированной оценки производительности автосамосвалов с использованием GPS-приемников, оптимизации по функции желательности и комплексного программного обеспечения для анализа фактических данных.

Ключевые слова: программное обеспечение, алгоритм, GPS, автотранспорт, оперативное управление процессами, оптимизация, функция желательности

Laptev Yury V.

doctor of technical sciences
the laboratory of mineral raw materials
quality control,
the Institute of Mining UB RAS,
620219, Yekaterinburg,
Mamin-Sibiryak st. 58

Titov Roman S.

junior researcher the laboratory of mineral
raw materials quality control,
the Institute of Mining UB RAS

Jakovlev Andrey M.

junior researcher the laboratory of mineral
raw materials quality control,
the Institute of Mining UB RAS

Jakovlev Michail V.

leading expert on informational marketing,
the Institute of Mining UB RAS

**SOFTWARE CALCULATIONS OF HEAVY
MOTOR TRANSPORT OPTIMAL
CAPACITY IN THE "URALASBEST"
OPEN PITS**

Abstract:

This article describes the procedure for automated evaluation of dump trucks' capacity using GPS-receivers, optimization by a desirability function and integrated software for the analysis of actual data

Keywords: software, algorithm, GPS, motor transport, the processes' operational management, optimization, desirability function

На сегодняшний день большинство горнодобывающих предприятий оснащены достаточно широким спектром автоматизированных систем оперативного управления и контроля производственных процессов, а соответственно и различными службами информационного обеспечения этих процессов. Однако из-за несовершенства действующих систем контроля, отсутствия на предприятиях, эксплуатирующих эти системы, единого методического подхода к операции переработки информации о состоянии объекта с целью управления, слабой функциональной связи по основным контролируемым показателям производства систем контроля различных информационных служб одного предприятия, а также невовлечения в процесс оперативного контроля работников низовых звеньев управления – операторов, бригадиров, мастеров – снижается эффективность использования действующих систем оперативного управления, что приводит к снижению производительности горнотранспортного оборудования и предприятия в целом.

Возможность коррекции производственного плана на основе текущей информации представляется главной, характерной чертой оперативного планирования. Сочетание неопределенности и динамичности делает исследование оперативного планирования особо сложной задачей как с качественной точки зрения, так и в вычислительном отношении. Поэтому исследования, направленные на создание новых систем управления и контроля рабочих процессов горнодобывающих предприятий и развитие методической базы совершенствования этих систем, является актуальной научно-практической задачей.

Разработанное программное обеспечение расчета производительности технологического автомобильного транспорта, работающего на ОАО «Ураласбест», обеспечивает автоматизированный расчет показателя производительности $W_{\text{ч}}$ (ткм/ч) и его оптимизацию. Исходными данными для расчета в программе являются данные информационной базы о работе автомобильного транспорта в карьерах ОАО «Ураласбест». Информационное наполнение используемой базы данных осуществляется по средствам системы диспетчеризации на основе GPS. Содержание базы представлено массивом данных фактических значений показателей работы автотранспорта за смену. Расчет и оптимизация в программе осуществляются согласно рассмотренным выше методикам.

Основная идея, заложенная в разработанное программное обеспечение, заключается в минимизации производства ручных операций, таких как подготовка исходных данных к расчету, расчет основных исходных параметров, расчет показателя производительности и его оптимизация, а также ввода числовых значений установленных или постоянных показателей. Для этого было сделано следующее:

- реализована возможность использования базы данных о работе технологического автотранспорта на ОАО «Ураласбест» в ее исходном содержании, то есть без предварительной обработки получаемых из нее исходных данных, используемых в дальнейшем расчете;

- реализована возможность полного использования необходимых для расчета исходных данных базы;

- реализована возможность выбора необходимого режима производства расчета;

- реализована возможность задания вручную как постоянных значений (констант), так и производства автоматизированного расчета значений основных показателей работы автотранспорта, используемых в дальнейшем расчете производительности;

- установлен входной фильтр с целью ограничения в использовании некорректных или ошибочных значений поступающих с базы исходных данных;

- реализована возможность производства расчета показателя производительности ($W_{\text{ч}}$, ткм/ч) на разные исходные параметры одновременно (в частности, как на линейное, так и на приведенное расстояние);

- реализована возможность расширенной настройки параметров оптимизации для производства оптимизации показателя производительности $W_{\text{ч}}$.

С целью использования программы как инструмента для оперативного контроля показателя производительности автосамосвалов схема производства расчетов в ней была реализована по нескольким вариантам, поэтому по составу программу можно условно разделить на три расчетных блока, где:

- первый блок – это расчет производительности для одного автосамосвала соответствующей выбранной модели, где для расчета значения исходных данных задаются или рассчитываются;

- второй блок – это расчет производительности для одного автосамосвала соответствующей выбранной модели на заданный интервал изменения значений длины транспортирования, где для расчета значения исходных данных задаются;

- третий блок – это расчет производительности и ее оптимизация для автосамосвалов, работающих в смене, где для расчета исходные данные берутся из базы о работе автотранспорта предприятия.

Получаемые результаты расчетов представляются программой в виде таблиц, заполненных значениями соответствующих показателей работы автомобильного транспорта, которые можно сохранить как электронную таблицу Excel.

На рис.1 представлено главное рабочее окно программы.

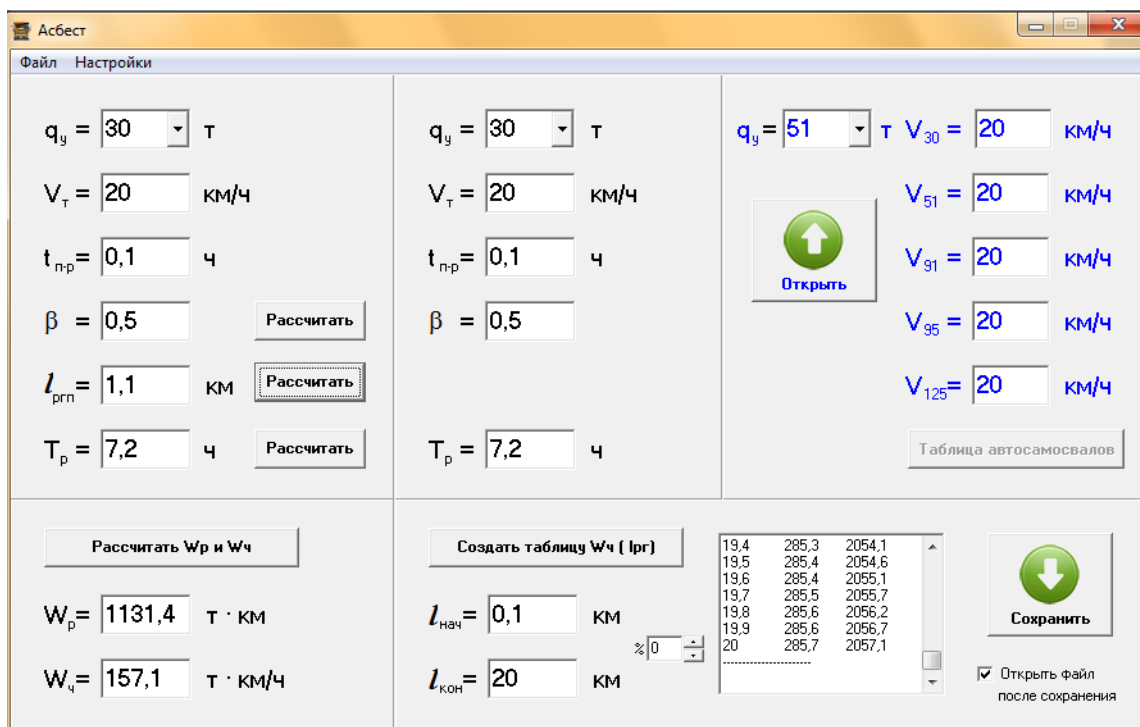


Рис. 1 – Главное рабочее окно программы

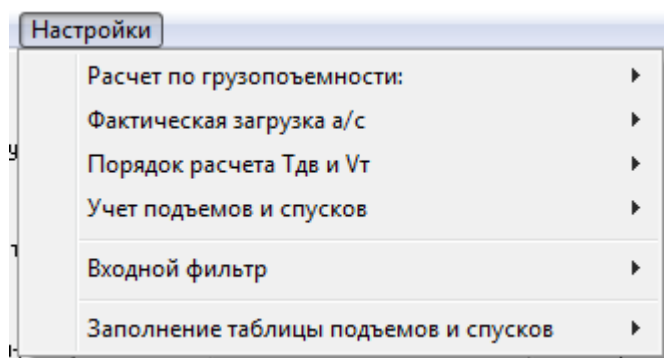


Рис. 2 – Список операций настройки режима расчета

Работа с программой начинается с установки режима расчета, где в панели меню в раскрывающемся разделе *Настройки* (рис. 2) производится выбор пунктов соответствующих операций, таких как:

- **расчет по грузоподъемности**, вызывает список для выбора одного из двух пунктов значения грузоподъемности автосамосвалов используемого в дальнейшем расчете производительности. Расчет в программе может производиться как по установленной на ОАО «Ураласбест» грузоподъемности для каждой модели автосамосвала, так и на номинальной;

- **фактическая загрузка автосамосвалов**, вызывает список для выбора одного из двух пунктов, определяющих способ оценки загрузки автосамосвалов. Это используе-

мые в расчете значения загрузки автосамосвалов, равные установленной грузоподъемности или рассчитанные по фактическим данным результатов взвешивания. Рассчитанные значения загрузки считываются из специально создаваемого файла. Файл является электронной таблицей, содержащей информацию о результатах взвешивания автосамосвалов за месяц. Данная таблица представляет накопленные усредненные значения загрузки по соответствующим моделям самосвалов за месяц на основании данных, поступающих с пунктов взвешивания в течение смены;

- **порядок расчета** $T_{дв}$ и V_T (рис. 3), вызывает список порядка расчета значений времени и технической скорости движения автосамосвалов, используемых в расчете производительности $W_{ч}$. Представленный список имеет два пункта с реализованными в них расчетами показателей скорости и времени по следующим схемам:

- при выборе первого пункта скорость движения задается вручную для каждой модели автосамосвала отдельно в полях для заполнения скоростей главного окна $V_{30} = 20$ км/ч, ..., $V_{125} = 20$ км/ч. Далее на заданных значениях скорости с учетом исходных данных о времени движения $T_{дв}$ и времени остановок $T_{ост}$ автосамосвалов за смену, значение которых берется из базы данных, рассчитывается время его работы;

- при выборе второго пункта скорость движения автосамосвалов рассчитывается автоматически для каждой модели отдельно. Для этого из базы данных для каждого самосвала берутся значения данных времени начала и окончания их работы в течение смены, далее автоматически производится расчет времени их работы в течение смены, затем рассчитывается время движения самосвала за смену его работы $T_{дв}$. Далее на основе полученных значений времени движения $T_{дв}$ и значения общего пробега $L_{общ}$ (данные базы) самосвала рассчитывается его скорость движения V_T ;

- **учет подъемов и спусков**, вызывает список пунктов настройки для расчета с учетом высот подъемов и спусков или без их учета (рис. 4).

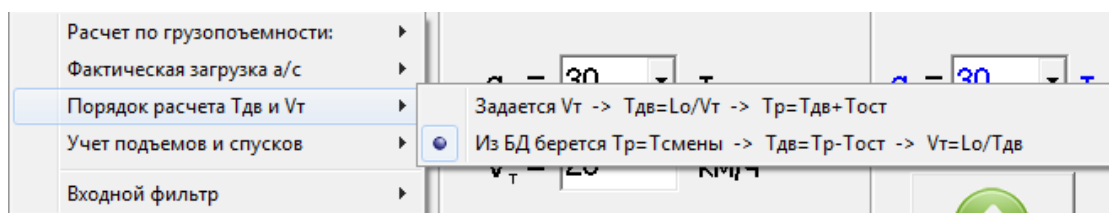


Рис. 3 – Список пунктов порядка расчета скорости и времени движения автосамосвала

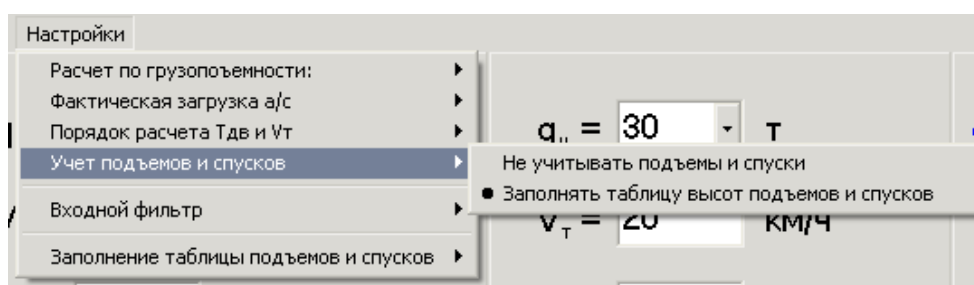



Рис. 4 – Список пунктов настройки порядка расчета с учетом данных о высотах подъема и спуска

Отмечая соответствующий пункт, далее при проведении расчета программа автоматически формирует таблицы (рис. 5 и 6) для задания значений высот подъемов и спусков.

Для исключения ошибок в расчете производительности, появление которых возможно из-за возникающих ошибок при формировании исходной базы данных показателей работы автосамосвалов ОАО «Ураласбест» в формате *.dbf, в программе задействован входной фильтр;

- **входной фильтр**, вызывает список пунктов установки ограничений по значениям в поступающих из базы исходных данных соответствующих показателей, используемых в расчете (см. рис. 5). Фильтр имеет возможность производить отсев некорректных данных по рассчитанной скорости движения V_T , по общему пробегу автосамосвала за смену $L_{\text{общ}}$, по времени остановок самосвалов за смену $T_{\text{ост}}$, по значению минимальной и максимальной продолжительности смены $T_{\text{см}}$. При выборе любого из пунктов фильтра вызывается диалоговое окно (см. рис. 6), в котором пользователь устанавливает необходимые числовые значения ограничений для соответствующих показателей входящих исходных данных. Значения вводятся вручную в поля, расположенные напротив подписи показателя и условия ограничения, после ввода нажимается кнопка  ;

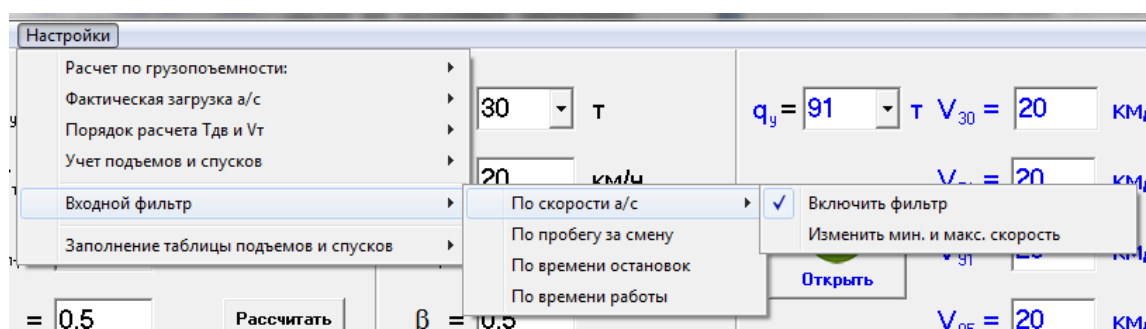


Рис. 5 – Список пунктов входного фильтра

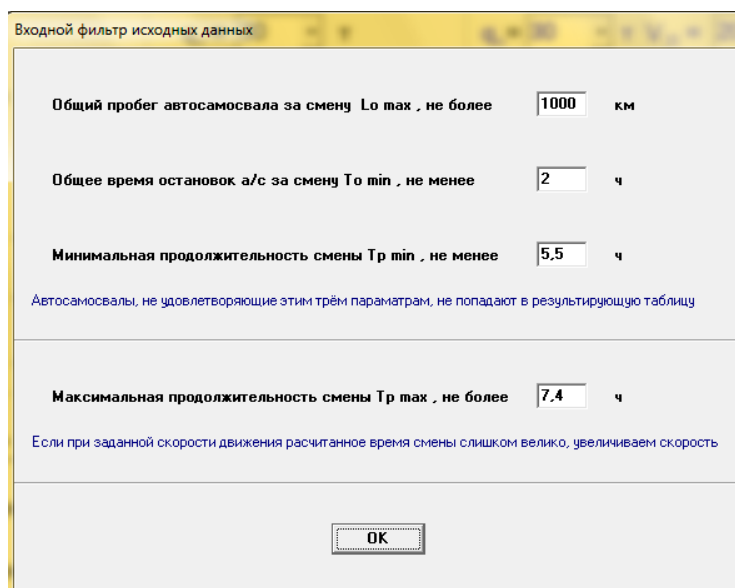


Рис. 6 – Диалоговое окно входного фильтра

- **заполнение таблицы подъемов и спусков**, вызывает список пунктов, определяющих использование того или иного оценочного показателя высоты транспортирования для заполнения таблицы высот подъемов и спусков (рис. 7).

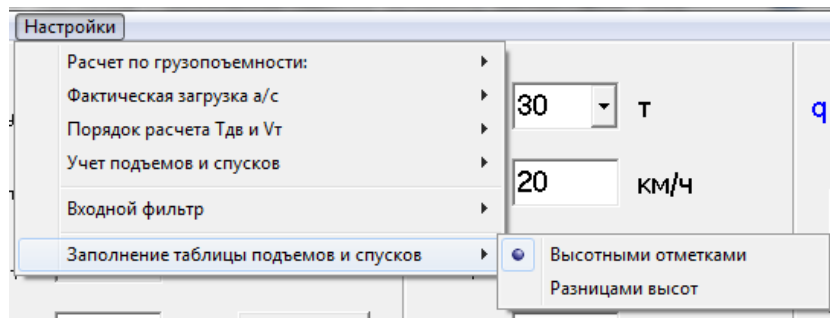


Рис. 7 – Список пунктов, определяющих использование показателя высоты транспортирования

После установки режима расчета производится непосредственный расчет показателя производительности $W_{\text{ч}}$, где она определяется следующим выражением:

$$W_{\text{чп}} = \frac{q_y \beta v_T l_{\text{пр}}}{l_{\text{пр}} + \beta v_T t_{\text{п-р}}}, \text{ т} \cdot \text{км/ч}, \quad (1)$$

где q_y – установленная грузоподъемность для соответствующей модели автосамосвала, т;

$t_{\text{п-р}}$ – величина времени погрузо-разгрузочных операций за рейс, ч;

$l_{\text{пр}}$ – линейное (фактическое) расстояние транспортирования, км.

$$l_{\text{пр}} = (l_{\text{рг}} + k_{\text{п}} H_{\text{п}} + k_{\text{с}} H_{\text{с}}) + 0,1 \text{ км}, \quad (2)$$

где $l_{\text{рг}}$ – линейное (фактическое) расстояние транспортирования, км;

$H_{\text{п}}, H_{\text{с}}$ – соответственно, высота подъема и спуска, км;

$k_{\text{п}}, k_{\text{с}}$ – коэффициенты приведения высоты подъема и, соответственно, спуска к горизонтальному пути.

Как уже было отмечено выше, для оперативности проведения расчета в программе реализованы три расчетных блока. Поэтому интерфейс рабочего окна программы был разработан так, чтобы обеспечить удобства пользователю в производстве расчета одновременно по трем блокам. Для этого главное рабочее окно программы было разделено на три панели (рис. 7), в каждой из которых был реализован свой блок расчета.

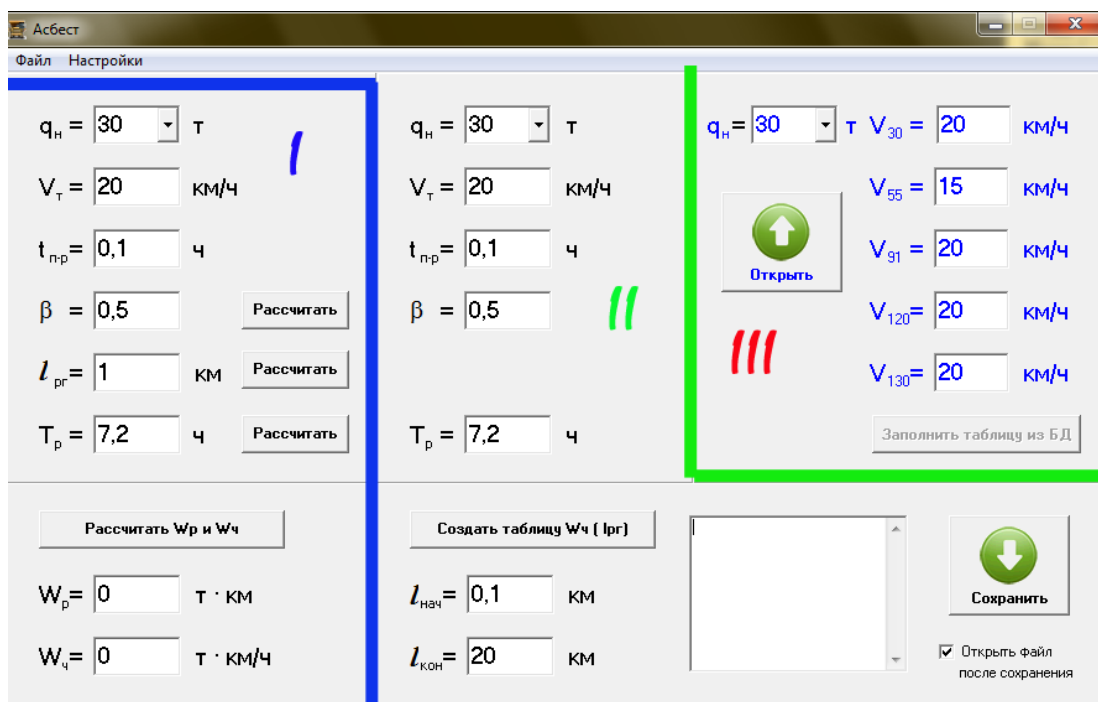
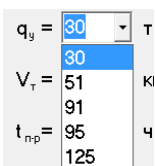


Рис. 7 – Главное рабочее окно, разделенное на три панели

В первой панели, она отмечена цифрой I на рис. 7, расчет производится по одной

выбранной модели самосвала в поле панели q_y (). Поля показателей V_T и

$t_{п-р}$ заполняются пользователем вручную соответствующими значениями. Поля показателей β , $l_{гп}$ и T_p также могут заполняться вручную или расчетными значениями. Для этого необходимо задать субрасчетные параметры по кнопке **Расчитать**. Нажав на эту кнопку, получаем диалоговое окно, в котором задаются эти параметры. На рис. 8 представлены диалоговые окна для соответствующего расчетного показателя.

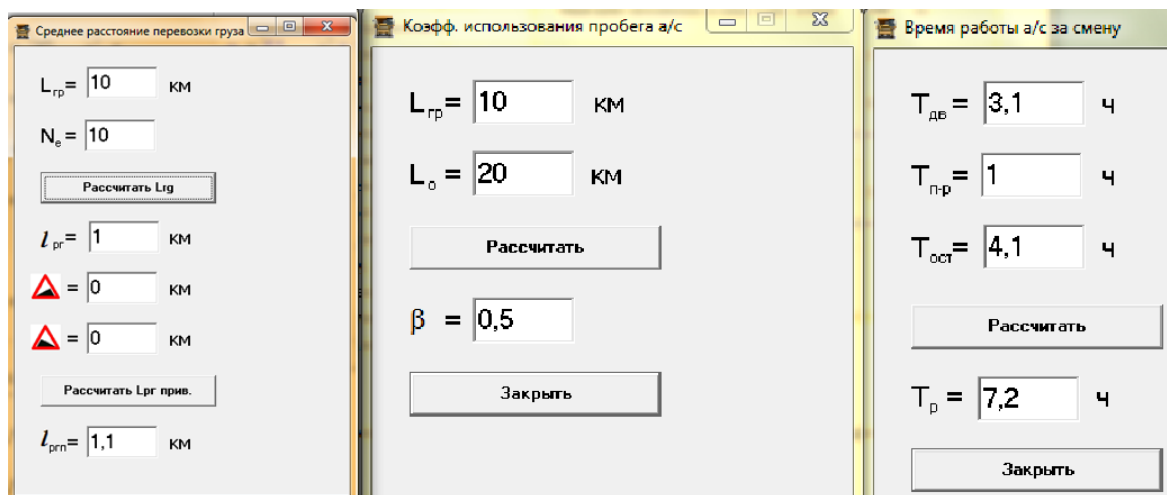


Рис. 8 – Диалоговые окна задания субрасчетных параметров

Во второй панели, она отмечена цифрой II на рис. 7, расчет производится по одной выбранной модели самосвала в поле панели q_y ($q_y = 30$ т). Поля показателей V_T , $t_{п-р}$, β и T_p заполняются пользователем вручную соответствующими значениями. Поля $l_{нач}$ и $l_{кон}$ также заполняются вручную, где задается вариация значения приведенного расстояния транспортирования.

После заполнения всех полей нажатием кнопки **Создать таблицу Wч (Iрг)** в правом поле панели формируется таблица (рис. 9) значений производительности, рассчитанных на заданном интервале значений приведенного расстояния с минимальным шагом

0,1 км. Нажатие на кнопку **Сохранить**, размещенную в правом нижнем углу панели II (см. рис. 7), позволяет сохранить таблицу в формате Excel или txt.

beta =	0.5	
t п-р =	0.1 ч	
Tp =	7.2 ч	

Iрг	Wч	Wp

0.1	27.3	196.4
0.2	50	360
0.3	69.2	498.5

Рис. 9 – Таблица расчетных значений показателя производительности

В третьей панели, она отмечена цифрой III на рис. 7, расчет производится по одной выбранной модели самосвала или по всем сразу. Для этого в поле панели q_y выбираем соответствующее значение или $q_y = \text{все} \quad \tau$. В правой части панели представлены поля $v_{30} \dots v_{125}$ для ручного задания среднетехнической скорости движения для каждой модели автосамосвалов. Скорость, заданная вручную, принимается в расчете как показатель работы автосамосвала только тогда, когда в меню раздела *Настройки* “Порядок расчета $T_{дв}$ и V_t ” выставлены следующие настройки:

Задается $V_t \rightarrow T_{дв}=L_0/V_t \rightarrow T_r=T_{дв}+T_{ост}$

В другом варианте настройки параметр скорости рассчитывается и принимается в дальнейших расчетах как расчетное значение.

Эта панель программы является основной, в ней производится как расчет, так и последующая оптимизация показателя производительности автосамосвалов. Расчет производится на исходных данных, загружаемых с базы о работе автосамосвалов ОАО «Ураласбест».

После загрузки файла из базы в зависимости от выставленных настроек расчета в меню раздела *Настройки* (см. рис. 2) будем иметь следующее:

- при выставленных настройках “Учет подъемов и спусков” → “Не учитывать подъемы и спуски” – расчет производительности $W_{ч}$ производится на линейное расстояние транспортирования $L_{рг}$ с последующим формированием таблицы (рис. 10) результатов расчета. Вывод таблицы производится нажатием на кнопку панели III

Таблица автосамосвалов

id	Q (t)	Name	N рейсов	Lгр (км)	Lо (км)	Lрг (км)	beta	Тост (ч)	Тп-р (ч)	Тдв (ч)	Тр (ч)	Vт (км/ч)	Wр (т·км)	Wч (т·км/ч)
215	51	142 БелАЗ 24	40,985	81,568	1,708	0,502	3,24	3,03	4,11	7,35	19,85	2151	292,6	
216	51	31 БелАЗ 25	30,918	68,699	1,237	0,45	4,04	2,99	3,42	7,46	20,09	1835,3	246	
98	51	147 БелАЗ 21	30,74	70,202	1,464	0,438	3,79	2,91	3,29	7,08	21,34	1790,7	252,9	
101	51	13 БелАЗ 19	43,291	84,991	2,278	0,509	3,66	2,68	4,01	7,67	21,19	2529,6	329,8	
102	51	134 БелАЗ 50	29,765	77,544	0,595	0,384	4,08	3,55	3,62	7,7	21,42	1630,1	211,7	
203	51	136 БелАЗ 26	41,477	82,824	1,595	0,501	2,51	2,31	4,8	7,31	17,26	2175,8	297,6	
106	51	137 БелАЗ 11	34,642	74,889	3,149	0,463	3,53	1,76	4,08	7,61	18,36	2304	302,8	
117	51	17 БелАЗ 14	39,469	80,724	2,819	0,489	2,99	1,52	4,44	7,43	18,18	2509,5	337,7	
111	51	139 БелАЗ 19	33,692	61,925	1,773	0,544	4,04	3,23	3,5	7,54	17,69	1924,7	255,3	
116	51	141 БелАЗ 16	39,105	75,594	2,444	0,517	3,16	1,94	3,98	7,14	18,99	2404,1	336,7	
119	51	15 БелАЗ 19	34,395	58,272	1,81	0,59	4,23	3,78	3,08	7,31	18,92	1868,7	255,6	
120	51	24 БелАЗ 28	34,194	68,986	1,221	0,496	4,02	2,74	3,2	7,22	21,56	2120,4	293,7	
159	51	18 БелАЗ 18	30,012	66,784	1,667	0,449	3,72	2,32	3,75	7,47	17,81	1882,5	252	
194	51	19 БелАЗ 13	30,913	69,995	2,378	0,442	3,6	1,93	3,93	7,53	17,81	2026,9	269,2	
195	51	23 БелАЗ 14	36,239	78,388	2,588	0,462	3,24	1,9	4,12	7,36	19,03	2258,7	306,9	
196	51	28 БелАЗ 19	44,813	83,665	2,359	0,536	2,65	2,18	4,93	7,58	16,97	2437,8	321,6	
202	51	29 БелАЗ 23	30,332	63,1	1,319	0,481	4,06	2,76	3,34	7,4	18,89	1877,3	253,7	
189	51	32 БелАЗ 17	43,351	88,769	2,55	0,488	3,14	1,91	4,05	7,19	21,92	2666	370,8	
30т: 0			51т: 19		91т: 0		95т: 0		125т: 0		Перевезено: 19932 т			

Рис. 10 – Окно таблицы расчетных значений производительности $W_{ч}$

При нажатии на кнопку «Таблица оптим.» в правом нижнем углу таблицы на экран выводится окно таблицы оптимизации (окно оптимизации рассматривается ниже), кнопка «Сохранить» выводит диалоговое окно для сохранения расчетной таблицы в формате Excel.

- при выставленных настройках “Учет подъемов и спусков” → “Заполнять таблицу высот подъемов и спусков” – производительность $W_{ч}$ рассчитывается на приведенное



расстояние транспортирования $l_{гп}$. При этом после загрузки файла базы с кнопки в поле экрана автоматически появится «таблица высот подъемов и спусков». Вид таблицы (в частности, поля таблицы для заполнения значениями высот) будет зависеть от выставленных настроек заполнения таблицы в меню раздела *Настройки*. Если в разделе *Настройки* установлен пункт “Заполнение таблицы подъемов и спусков” → “высотными отметками”, то таблица имеет вид, представленный на рис. 11. В данном случае таблица заполняется значениями разницы высотных отметок горизонта установки погрузочного экскаватора и горизонта размещения перегрузочного пункта, где в полях таблицы «Отметка 1 (м)» и «Отметка 2 (м)» отображаются соответствующие значения рассчитанных высотных отметок.

Откуда	Куда	Отметка 1 (м)	Отметка 2 (м)	Лин. расст. (м)	Прив. расст. (м)	Число рейсов	Lгр (м)
339 Экскаватор	308 ПП Север	156,149	62,46	3122,976	4019,333	1	3122,976
336 Экскаватор	308 ПП Север	263,231	105,292	5264,623	6707,104	1	5264,623
325 Экскаватор	308 ПП Север	173,8	69,52	3475,997	4462,377	2	6951,994
303 Экскаватор	308 ПП Север	155,632	62,253	3112,631	4006,352	7	21788,42
294 Экскаватор	333 ПП Север	184,374	73,75	3687,494	4727,788	1	3687,494
337 Экскаватор	333 ПП Север	161,809	64,724	3236,183	4161,405	1	3236,183
302 Экскаватор	333 ПП Север	105,583	42,233	2111,658	2718,458	1	2111,658
273 Экскаватор	333 ПП Север	74,694	29,877	1493,873	1885,184	7	10457,109
264 Экскаватор	333 ПП Север	59,838	23,935	1196,753	1530,122	2	2393,505
311 Экскаватор	333 ПП Север	54,86	21,944	1097,205	1411,159	1	1097,205
294 Экскаватор	333 ПП Юг	180,071	72,028	3601,42	4619,786	1	3601,42
337 Экскаватор	333 ПП Юг	158,487	63,395	3169,742	4078,024	2	6339,485
313 Экскаватор	333 ПП Юг	73,216	29,286	1464,322	1849,867	20	29286,43
302 Экскаватор	333 ПП Юг	95,101	38,04	1902,012	2458,5	2	3804,024
273 Экскаватор	333 ПП Юг	74,574	29,829	1491,47	1882,313	12	17897,644
264 Экскаватор	333 ПП Юг	54,132	21,653	1082,63	1393,744	31	33561,543
311 Экскаватор	333 ПП Юг	38,684	15,474	773,677	1024,542	9	6963,095
288 Экскаватор	333 ПП Юг	167,87	67,148	3357,404	4313,541	2	6714,808

Рис. 11 – Окно таблицы расчета приведенных расстояний высотными отметками

При установке настройки “Заполнение таблицы подъемов и спусков” с указанием пункта “высотными отметками” вид таблицы будет как на рис. 12.

Таблица заполняется значениями высот подъемов и спусков по соответствующему маршруту забойный экскаватор – перегрузочный пункт, предоставляемыми маркшейдерским отделом предприятия, где в полях таблицы «Подъем (м)» и «Спуск (м)» отображаются соответствующие заданные значения высот подъемов и спусков. Заполнение полей таблиц можно осуществлять как автоматически при нажатии на соответствующую кнопку, так и в ручном режиме непосредственно в границах поля. Выполняемые операции при нажатии на кнопки, расположенные с правой стороны и внизу таблицы, а также поля для заполнения соответствующих значений, за исключением отмеченных выше, являются одинаковыми для обеих представленных таблиц.

Для производства автоматизированного заполнения полей высот в таблицах рис. 11 и 12 нужно воспользоваться «таблицей высотных отметок» (рис. 13), для вывода этой таблицы на экран используется кнопка “Таблица отметок”, размещенная в нижней части окна «таблицы высот подъемов и спусков».

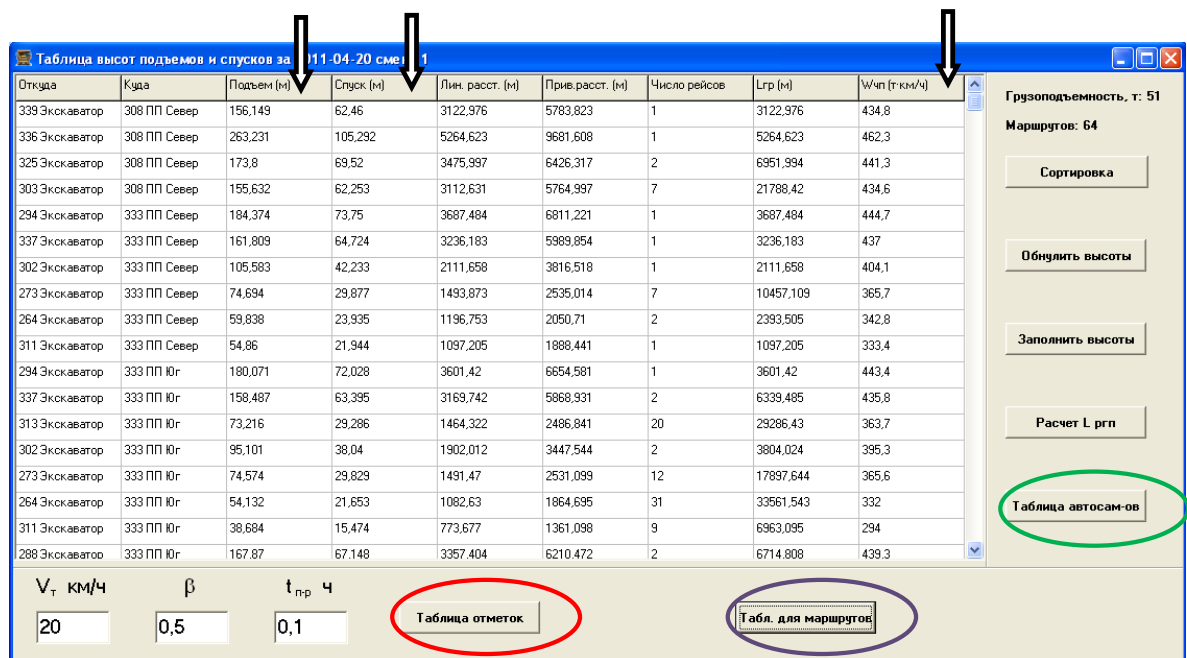


Рис. 12 – Окно таблицы расчета приведенных расстояний заданием высот подъемов и спусков

Для производства автоматизированного заполнения полей высот в таблицах рис. 11 и 12 нужно воспользоваться «таблицей высотных отметок» (рис. 13), для вывода этой таблицы на экран используется кнопка “Таблица отметок”, размещенная в нижней части окна «Таблицы высот подъемов и спусков».

В появившейся «таблице высотных отметок» (см. рис. 13) при нажатии на кнопки “Маршруты за текущую смену” или “Маршруты за текущий месяц” программа производит анализ, произведенных маршрутов за эти периоды и выдает список номеров экскаваторов и перегрузочных пунктов в полях таблицы «Откуда», «Куда» соответственно (анализируемые данные поступают из базы о работе автотранспорта ОАО «Ураласбест»).

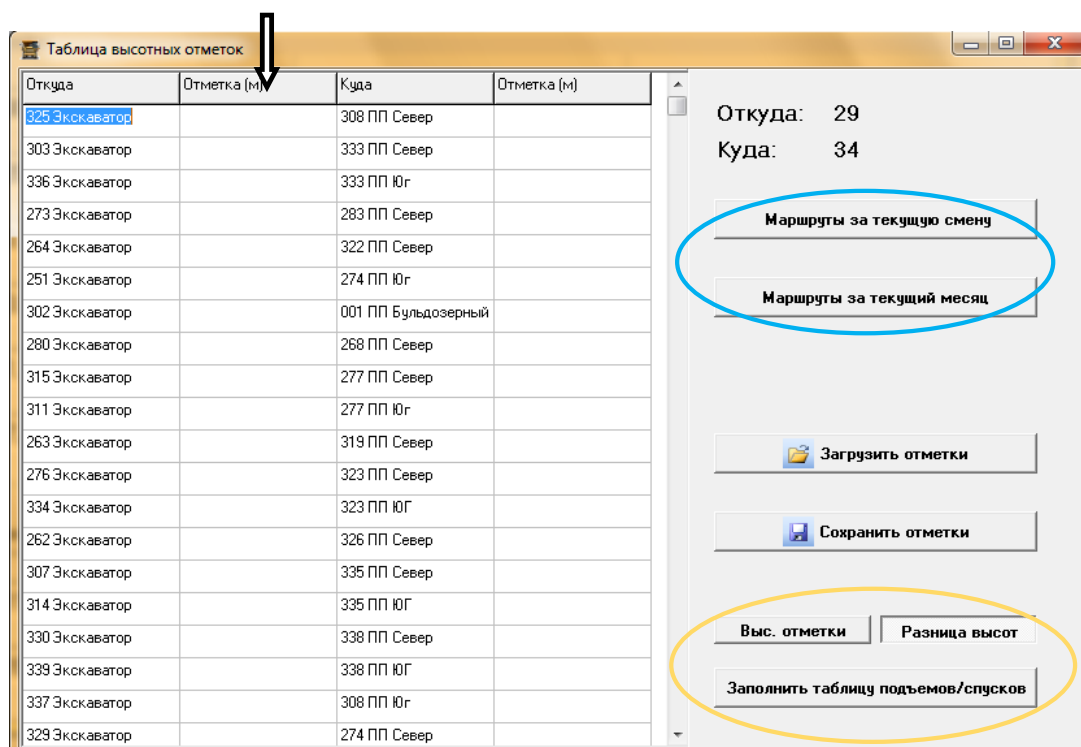


Рис. 13 – Окно таблицы задания импорта и экспорта высотных отметок

Далее в полях таблицы «Отметка (м)» необходимо выставить высотные отметки. Выставленные значения отметок можно будет сохранить для последующего их использования, нажав на кнопку «Сохранить отметки» в формате Excel. Нажатием кнопки «Загрузить отметки» сохраненную таблицу с заданными значениями высот можно загрузить и использовать для работы с другой сменой, для которой будет производиться расчет $W_{\text{ч}}$ или грузоподъемность самосвалов.

Кнопки, расположенные в нижней правой части таблицы на рис. 13 (выделены желтым овалом), производят операции выбора метода отображения получаемого результата и заполнение «таблицы высот подъемов и спусков» (см. рис. 11, 12).

После того, как заполнили все поля «таблицы высот подъемов и спусков», в ней же рассчитывается производительность $W_{\text{ч}}$ (ткм/ч) по соответствующему маршруту отдельно, значение которой отображаются в крайнем правом поле таблице при нажатии кнопки «Таблица для маршрутов» (см. рис. 12, кнопка обведена фиолетовым овалом).

Далее, нажав на кнопку «Таблица автосамосвалов», расположенную в правой нижней части «таблицы высот подъемов и спусков» (см. рис. 12, кнопка обведена зеленым овалом), переходим в окно «таблицы расчета» (рис. 14).

id	Q (т)	Name	№ рейсов	Lгр (км)	Lo (км)	Lпр (км)	beta	Тост (ч)	Тп-р (ч)	Тав (ч)	Тр (ч)	Vг (км/ч)	Wр (т-км)	Wч (ткм/ч)	Lпрп (км)	Wрп (т-км)	Wчп (ткм/ч)
215	51	142 БелАЗ 11		21,083	47,684	1,917	0,442	4,24	2,06	2,38	6,62	20	1601,5	241,9	2,078	1661,2	250,9
199	51	147 БелАЗ 26		41,879	94,386	1,611	0,444	3,36	2,7	4,04	7,4	23,36	2345,9	317	1,858	2477,9	334,9
98	51	12 БелАЗ 15		32,075	65,348	2,138	0,491	2,9	1,84	3,27	6,17	20	1976,5	320,3	2,269	2018,5	327,1
100	51	13 БелАЗ 11		26,326	60,45	2,393	0,436	4,7	1,87	2,7	7,4	22,39	2175,5	294	2,667	2271	306,9
102	51	134 БелАЗ 13		32,713	75,609	2,516	0,433	3,59	0,77	3,78	7,37	20	2703,8	366,9	2,641	2725,7	369,8
203	51	136 БелАЗ 9		25,683	56,25	2,854	0,457	3,67	2,71	2,81	6,48	20	1537,7	237,3	2,944	1561,2	240,9
105	51	137 БелАЗ 12		31,319	63,891	2,61	0,49	3,46	2,03	3,19	6,65	20	2032,6	305,7	2,777	2081,2	313
117	51	17 БелАЗ 16		21,633	50,43	1,352	0,429	4,56	1,7	2,52	7,08	20	1850,4	261,4	1,522	1937,5	273,7
110	51	140 БелАЗ 19		41,229	92,627	2,17	0,445	3,6	3,18	3,8	7,4	24,38	2229,2	301,2	2,391	2327,1	314,5
111	51	15 БелАЗ 10		17,645	49,114	1,764	0,359	5,17	0,96	2,23	7,4	22,02	2086	281,9	1,838	2111,6	285,3
120	51	24 БелАЗ 20		43,81	94,089	2,191	0,466	3,01	2,54	4,39	7,4	21,43	2387,1	322,6	2,437	2478,8	335
159	51	18 БелАЗ 24		45,352	97,07	1,89	0,467	3,5	2,96	3,9	7,4	24,89	2494,6	337,1	2,024	2567,9	347
196	51	19 БелАЗ 14		24,605	56,433	1,758	0,436	4,24	2,3	2,82	7,06	20	1730	245	1,911	1794,5	254,2
202	51	28 БелАЗ 20		45	93,949	2,25	0,479	3,44	2,63	3,96	7,4	23,72	2576,8	348,2	2,442	2660,3	359,5
186	51	29 БелАЗ 13		33,141	69,939	2,549	0,474	3,39	1,97	3,5	6,89	20	2130,5	309,2	2,759	2190,6	317,9
188	51	32 БелАЗ 22		35,88	78,336	1,631	0,458	4,19	3,64	3,21	7,4	24,4	1976,7	267,1	2,013	2198,3	297,1
189	51	145 БелАЗ 12		27,993	58,91	2,333	0,475	3,67	2,26	2,95	6,62	20	1815,3	274,2	2,563	1888,8	285,3
197	51	103 БелАЗ 20		43,146	85,883	2,157	0,502	3,9	3,46	3,5	7,4	24,54	2338,6	316	2,27	2397,9	324

30т: 0 51т: 18 91т: 0 95т: 0 125т: 0 Перевезено: 14637 т

Таблица оптим. Сохранить

Рис. 14 – Окно результирующей таблицы расчета производительности автосамосвала соответствующей грузоподъемности

В выведенной на экран «таблице расчета» (см. рис. 14) отображаются расчетные значения производительности автосамосвала ($W_{\text{ч}}$, $W_{\text{чп}}$) и параметры его работы участвующие в расчете. Расчет производится для соответствующей модели автосамосвала. Задание модели в программе осуществляется через его грузоподъемность. Для этого в панели III (см. рис. 14) в поле $q_{\text{г}}$ выбирается нужное значение грузоподъемности соответствующее модели автосамосвала. Так же расчет производится с учетом приведенных и линейных расстояний транспортирования, значение которых отображено в соответствующих полях таблицы. Значения приведенных расстояний для расчета загружаются из «таблицы высот подъемов и спусков» (см. рис. 11, 12), а линейных – из базы данных о работе автотранспорта на ОАО «Ураласбест».

В правом нижнем углу «таблицы расчета» (см. рис. 14) размещены две кнопки (обведены черным овалом) «Таблица оптим.» и «Сохранить», позволяющие выводить на

экран окно таблицы оптимизации и диалоговое окно для сохранения этой таблицы в формате Excel.

Для производства оптимизации показателя производительности автосамосвала в программе разработан отдельный блок оптимизации.

Определение оптимальной производительности технологического автомобильного транспорта на ОАО «Ураласбест» осуществляется на основе расчетной схемы построения обобщенной функции желательности [1, 2, 3].

Алгоритм построения обобщенной функции желательности включает в себя следующее: установление критериев оптимизации x (параметры функции желательности). В данном случае в качестве оптимизируемых принимаются три критерия: это параметры работы автосамосвала, являющиеся аргументами функции производительности $W_ч$: приведенное расстояние транспортирования $l_{пр}$; среднетехническая скорость движения автосамосвала v_T ; время работы автосамосвала за принятый оценочный период времени, смену T_p ; далее осуществляется построение шкалы желательности, устанавливающей соотношение между значением отклика $f(x)$ и соответствующим значением частной функции желательности d ; вычисление частных функций желательности d (количество вычисляемых функций d определяется в соответствии с числом выбранных критериев оптимизации); вычисления обобщенной функции желательности D . Обобщенная функция желательности определяется соотношением [1, 2, 3]

$$D = \sqrt[n]{d_1 d_2 \dots d_n} = \left(\prod_{i=1}^n d_i \right)^{1/n}, \quad (3)$$

где d_i – частные функции желательности.

Частная функция желательности имеет экспоненциальную зависимость вида

$$d = \exp \{ - \exp [- f(x)] \}. \quad (4)$$

$$f(x_i) = b_0 + b_1 x_i. \quad (5)$$

где b_0, b_1 – коэффициенты, определяемые заданными интервалами изменения $f(x)$; x_i – оптимизируемые параметры.

Решение функции $f(x_i)$ находится из преобразования факторов оптимизации в соответствующую фактору функцию f . Значение функции $f(x_i)$ находятся из условий

$$\left. \begin{array}{l} x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \\ -f_i \leq f \leq f_i \end{array} \right\}. \quad (6)$$

Проведение оптимизации возможно только после формирования полностью заполненной «таблицы расчета» (см. рис. 14). Из «таблицы расчета» нажатием на кнопку «Таблица оптим.» выходим в окно таблицы оптимизации (рис. 15).

Нахождение оптимального значения производительности $W_ч$ в «таблице оптимизации» производится в автоматическом режиме с возможностью корректировки исходных данных и условий оптимизации. Критериями оптимизации служат рассчитанные величины показателей работы автомобильного транспорта в «таблице расчета» (см. рис. 14).

Поле окна «таблицы оптимизации» разделено на две части: таблицу с расчетными значениями (обведена оранжевым овалом); панель задания условий оптимизации (обведена синим овалом).

В качестве примера в табл. 1 представлены результаты расчета оптимизационных функций желательности для автосамосвала БелАЗ-7555В. В таблице строкой с оптимальным значением производительности автосамосвала $W_ч$ является та, которой соответствует наибольшее значение обобщенной функции D . В представленном примере это строка с номером варианта пять.

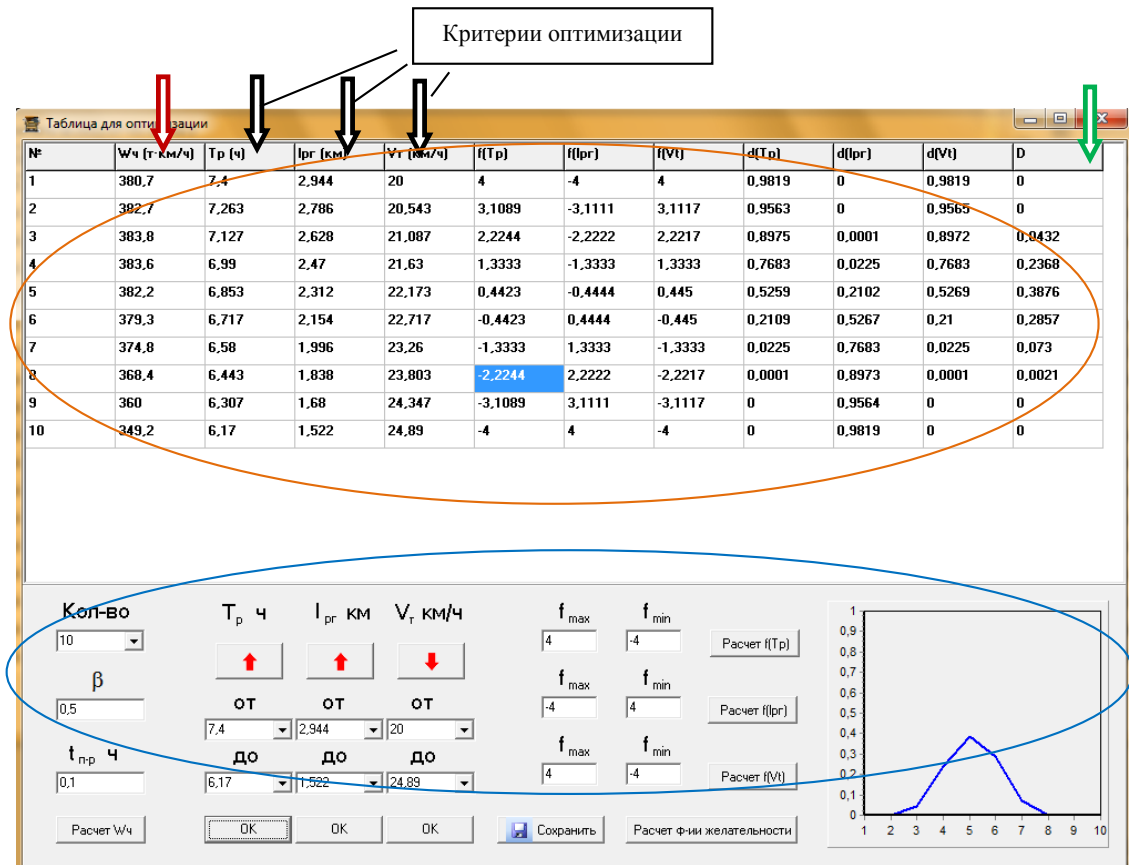


Рис. 15 – Окно таблицы оптимизации показателя производительности автосамосвала

Таблица 1
**Оптимизационная таблица производительности автосамосвала БелАЗ-7555В (51 т)
за 04.20.11г., 1 смена**

№ n./ n.	W _ч (т·км/ ч)	T _р (ч)	I _{пр} (км)	V _т (км/ч)	f(T _р)	f(I _{пр})	f(V _т)	d(T _р)	d(I _{пр})	d(V _т)	D
1	471	7,08	5,871	21,92	-4	4	4	0	0,9819	0,9819	0
2	452,2	7,15	5,338	21,263	-3,0968	3,1119	3,1107	0	0,9565	0,9564	0
3	432,7	7,22	4,804	20,607	-2,1935	2,222	2,2227	0,0001	0,8973	0,8973	0,0432
4	412,4	7,29	4,271	19,95	-1,2903	1,3339	1,3333	0,0264	0,7684	0,7683	0,2498
5	391	7,36	3,737	19,293	-0,3871	0,4441	0,444	0,2293	0,5266	0,5265	0,3991
6	368,2	7,42	3,204	18,637	0,3871	-0,4441	-0,444	0,5071	0,2103	0,2104	0,2821
7	343	7,49	2,67	17,98	1,2903	-1,3339	-1,3333	0,7594	0,0225	0,0225	0,0727
8	314,3	7,56	2,137	17,323	2,1935	-2,222	-2,2227	0,8945	0,0001	0,0001	0,0021
9	279,6	7,63	1,603	16,667	3,0968	-3,1119	-3,1107	0,9558	0	0	0
10	233,5	7,7	1,07	16,01	4	-4	-4	0,9819	0	0	0

На основе выполненных работ по программному обеспечению расчетов оптимальной производительности большегрузного автомобильного автотранспорта в карьерах ОАО «Ураласбест» можно сделать следующие выводы:

- алгоритм планирования горно-транспортных работ на ОАО «Ураласбест» может производиться на основе оптимизационных расчетов по схеме обобщенной функции желательности;

- оптимизационная схема планирования горно-транспортных работ позволяет получить рациональные параметры производительности функционирования автомобильного транспорта в карьерах ОАО «Ураласбест».

Литература

1. Ахназарова С. Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии/ С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978.– 310 с.
2. Рубинштейн Ю. Б. Математические методы в обогащении полезных ископаемых / Ю. Б. Рубинштейн, Л. А. Волков. – М.: Недра, 1987. – 296 с.
3. Рузинов Л. Планирование эксперимента в химии и химической технологии/ Л. П. Рузинов, Р. И. Слободчикова. – М.: Химия, 1980. – 345 с.