

К.В. Симонов

2024

**Использование системы Mathcad
для автоматизированного проектирования
организации работ при строительстве
новой железной дороги**

**Учебное пособие для студентов специальности 23.05.06
«Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей»**



УДК 625.1:658.5
ББК 39.20-06
С 375

Автор: Симонов К.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Проектирование и строительство железных дорог» Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Россия.

Рецензент: Смирнова Ольга Владимировна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Российский университет транспорта (МИИТ).

Симонов, Константин Владимирович

С 375 Использование системы Mathcad для автоматизированного проектирования организации работ при строительстве новой железной дороги. Учебное пособие – М.: Мир науки, 2024. – Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/30MNNPU24.pdf> – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-907891-00-5
DOI: 10.15862/30MNNPU24

Учебное пособие предназначено для студентов Института пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ) специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», может быть использовано при изучении дисциплин: «Организация, планирование и мониторинг железнодорожного строительства», «Строительство и реконструкция железных дорог», «Автоматизированные системы управления строительством», «Модели и методы инженерных расчетов», выполнении курсового проекта, а также в дипломном проектировании. Пособие может быть полезно аспирантам, научным работникам и специалистам проектных и строительных организаций.

ISBN 978-5-907891-00-5

© Симонов Константин Владимирович
© ООО Издательство «Мир науки», 2024

Оглавление

Введение	4
1. Задание и условия проектирования.....	5
2. Расчет климатических характеристик района строительства.....	7
3. Организация работ сборочно-укладочного комплекса	14
3.1. Оптимизация линейной выработки лидера	14
3.2. Определение срока строительства железной дороги.....	17
3.3. Построение календарного графика монтажа рельсошпальной решетки и балластировки на песок	25
3.4. Ресурсы сборочно-укладочного комплекса работ	26
3.5. Организация работ на звеноборочной базе.....	29
4. Организация балластировочных работ	35
4.1. Исходные данные	35
4.2. Последовательность расчетов	36
5. Организация работ по сооружению земляного полотна	43
5.1. Исходные данные	43
5.2. Последовательность расчетов	44
6. Организация работ по строительству водопропускных сооружений	47
6.1. Строительство больших мостов.....	47
6.2. Строительство водопропускных труб	48
6.2.1. Исходные данные	49
6.2.2. Последовательность расчетов	49
7. Автоматизированное проектирование с применением системы <i>Mathcad</i>	54
7.1. Краткое описание интерфейса <i>Mathcad</i>	54
7.2. Редактирование документов <i>Mathcad</i>	57
Литература	72

Введение

Говоря о преимуществах автоматизированного расчета над «ручным», нельзя забывать и о его недостатках. Так, при работе с программами, написанными на языках программирования, студенту остается, как правило, только ввести исходные данные и получить результаты расчета. При этом многочисленные математические, логические связи и зависимости между отдельными параметрами вычислительного процесса остаются для пользователя невидимыми, что снижает уровень понимания студентами изучаемого материала. Этому недостатка лишены программы (документы), сформированные с помощью системы *Mathcad* корпорации *PTC*, заслуженно признанной во всем мире лучшей системой для научно-технических расчетов. Эта система имеет мощные средства для реализации различных математических методов расчета, предоставляет широкие возможности по созданию и редактированию различных графиков, причем наиболее ценно то, что общение с системой ведется пользователем на общепринятом языке математических формул и графиков. Нельзя не отметить высокую степень интеграции системы *Mathcad* с другими *Windows*-приложениями. Эти и другие достоинства предопределили выбор системы *Mathcad* для автоматизации расчетов отдельных разделов и параграфов курсового проекта.

Данное учебное пособие является дополнением к разработанному на кафедре «Проектирование и строительство железных дорог» РУТ (МИИТ) методическому комплексу [1-5] для выполнения курсового проекта по дисциплине «Организация, планирование и мониторинг железнодорожного строительства». Пособие включает в себя теоретический материал и содержит разработанные автором документы-шаблоны *Mathcad*, позволяющие студенту быстро и с достаточной степенью точности выполнить расчеты и сделать необходимые графические построения курсового проекта.

Автор данной работы намеренно сформировал не один единый, а множество документов *Mathcad*, каждый из которых позволяет произвести расчет отдельного раздела или даже параграфа. Руководитель курсового или дипломного проектирования волен самостоятельно принимать решение рекомендовать использовать тот или иной документ *Mathcad* для расчета или ориентировать студентов на применение других методик определения необходимых параметров проектирования.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» Института пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ). При написании данной работы автор исходил из того, что студенты этой специальности на первом курсе при изучении дисциплины «Введение в информационные технологии» получают первичные знания о системе *Mathcad*, приобретают и закрепляют практические навыки работы с данным программным продуктом при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Модели и методы инженерных расчетов» на третьем курсе. К четвертому курсу большинство студентов уже можно отнести к категории опытных пользователей данной системы.

Желающие получить подробные сведения о системе *Mathcad* с детальным описанием пользовательского интерфейса, входного языка системы, особенностей программирования в *Mathcad*, возможностей построения и форматирования графиков могут обратиться к [6] или другой многочисленной литературе. Отличительной чертой данного программного продукта является подготовка документа, объединяющего в себе задание исходных данных, математическое описание их обработки и представление результатов вычислений в виде числовых данных, таблиц или графиков. Для удобства пользователей все подготовленные автором документы-шаблоны *Mathcad* имеют единую форму представления. Так блоки, реализующие ввод исходных данных, выделены желтым цветом, а блоки с результатами расчетов окрашены голубым цветом и заключены в рамку, что позволяет правильно ориентироваться при черно-белой печати.

1. Задание и условия проектирования

Планируется создание территориально-производственного комплекса (ТПК), стержнем которого является металлургический комбинат, базирующийся на месторождении коксующегося каменного угля в пункте А и месторождении железных руд в пункте В. Месторождение флюсов располагается в 20 км к юго-западу от А (см. рисунок 1.1). Перечисленные пункты должны быть связаны железной дорогой, которая может иметь три выхода к крупным станциям действующей магистрали – в пунктах Г, А, В. Необходимо установить сроки строительства железной дороги по одному из указанных направлений и основные потребные ресурсы для оценки возможностей ускоренного создания транспортных связей ТПК [3].

По мерзлотно-грунтовым условиям на участке А–В должны преобладать насыпи. То же справедливо и по отношению к участку Е–В. Болотные грунты на этом участке подлежат выторфовыванию на глубину в среднем 1,5 м. Участок Б–Д пересекает единственную в районе зону с.-х. производства с черноземными почвами и лёссовидными материнскими грунтами. Толщина слоя плодородной почвы 0,35 м. Левый берег реки Гор – сильно заболоченная пойма шириной до 5–8 км. Участок Б–А проходит по среднегорью и отличается большим объемом земляных работ в скальных грунтах. Пункты А и В через Б соединены с пунктом Д автомобильными дорогами. На реке Гор имеется паромная переправа. Реки Гор. Алей. Сета – судоходны. Постоянно действующий песчаный карьер расположен на участке Д–Е магистрали на расстоянии 90 км от ст. Д; щебеночный завод находится на расстоянии 195 км к западу от ст. Г.

Продолжительность строительства ТПК – 10 лет. Железная дорога должна вступить в строй на всем протяжении за год до полного ввода мощностей ТПК.

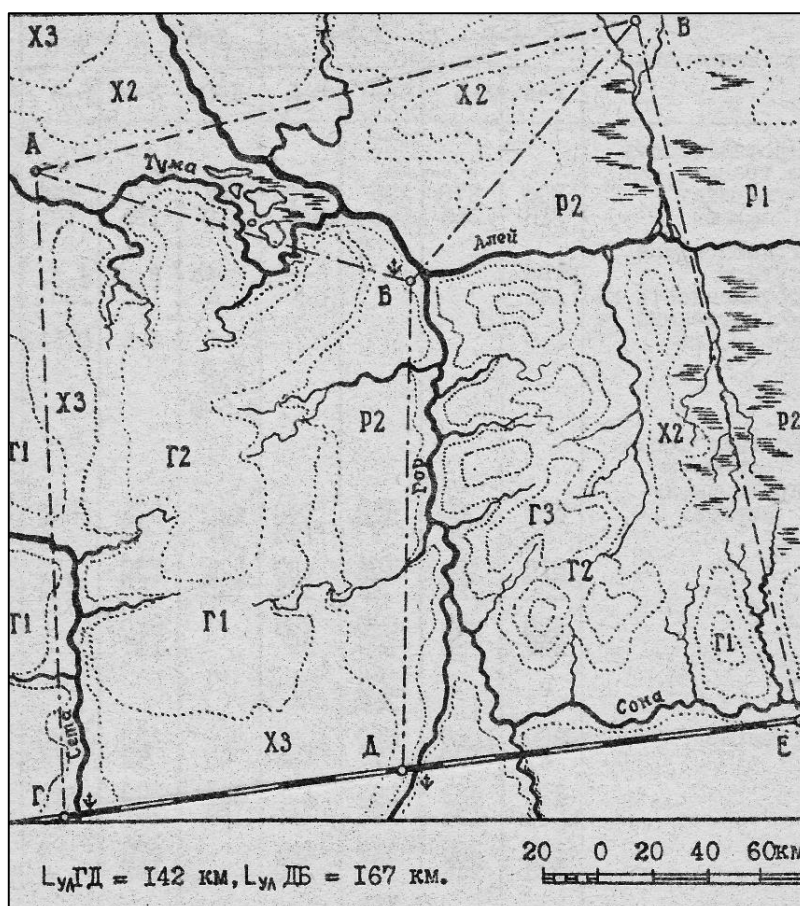


Рисунок 1.1 – Схема района строительства новой железной дороги

Таблица 1.1 – Основные исходные данные проектирования

Наименование показателя	Г-А-В		Е-В-А		Д-Б-А и Б-В		
	Г-А	А-В	Е-В	В-А	Д-Б	Б-А	Б-В
Протяженность по трассе, км							
вариант 1	300	270	285	270	195	210	150
вариант 2	315	255	300	255	210	195	165
Покилометровый профильный объем, тыс. м ³ /км / протяженность участка, км							
вариант 1	52/165 43/135	19/95 35/175	27/60 14/180 11/45	19/95 35/175	17/195	68/160 35/50	27/60 36/90
вариант 2	50/175 43/140	22/90 31/165	25/70 14/180 10/50	22/90 31/165	15/210	70/150 40/45	25/65 37/100
Большие мосты: длина, м / привязка, км							
вариант 1	550/30 810/130 620/228	1060/76 433/128 265/261	650/7 306/56 520/189 183/252	205/9 433/142 1060/194	460/82 575/160	275/60 290/155 670/197	1680/4 110/142
вариант 2	205/41 810/130 620/228	1060/70 433/125 205/245	650/7 306/56 520/189 110/248	205/10 433/130 1060/185	310/85 260/168	423/52 320/151 670/183	1680/4 110/157

2. Расчет климатических характеристик района строительства

Комплекс работ по сооружению верхнего строения пути, как и многие другие виды работ, выполняемые на открытом воздухе, подвержен влиянию погодных условий. Это влияние приводит к увеличению затрат труда, удорожанию работ, снижению производительности, что не только замедляет ход строительства, но и в ряде случаев приводит к полной остановке некоторых видов работ в определенные периоды года. К числу таких периодов в первую очередь следует отнести зимний сезон, для которого характерно уменьшение эксплуатационной производительности машин из-за воздействия комплекса негативных факторов (отрицательная температура, сильный ветер, выпадение осадков), приводящих к увеличению внутрисменных и целодневных потерь. С наступлением устойчивых отрицательных температур возможна остановка работ по транспортировке в специализированном подвижном составе и отсыпке балластных материалов из-за их смерзания и примерзания к днищу и стенкам вагона.

К числу периодов, в течение которых приходится прерывать работу или замедляется темп ее проведения, можно отнести сезоны весенней и осенней распутицы. В эти периоды времени года следует прекращать работы по отсыпке грунта автосамосвалами, во избежание порчи основной площадки земляного полотна. Кроме того, становится затруднительной, а иногда и невозможной эксплуатация пневмоколесного транспорта на грунтовых дорогах. В период дождей и весеннего снеготаяния также не допускается движение рабочих поездов по уложенному, но незабалластированному пути, где земляное полотно отсыпано связными недренирующими грунтами [7]. Также необходимо предусмотреть остановку работ по монтажу путевых звеньев «по-черному», т.е. укладываемых на основную площадку земляного полотна, и следующей работы - балластировки на песок.

Цель данного раздела - определение дат начала и окончания теплого сезона года, а также продолжительности этого периода, когда целесообразно выполнять балластировку пути песком, а также определение дат начала, окончания и продолжительности весенней и осенней распутицы.

Исходными данными являются средние месячные температуры воздуха $_{cp}\theta_v$, средние из максимумов $_{cp,max}\theta_v$ и средние из минимумов суточных температур $_{cp,min}\theta_v$.

Средняя месячная температура воздуха $_{cp}\theta_v$ дает общее представление о типичном ходе температур в разрезе года и является удобной общеклиматической характеристикой. Кривая $_{cp}\theta_v$, пересекаемая нулевой ординатой, четко делит год на холодный и теплый сезоны, дает представительные значения температур по месяцам года [1].

Средняя из минимумов температуры воздуха $_{cp,min}\theta_v$ характеризует типичную температуру наиболее холодной части суток, которая держится обычно несколько часов в конце ночи, в предутренние (в летнее время) и утренние часы (зимой). Средняя из максимумов температуры воздуха $_{cp,max}\theta_v$ характеризует типичную температуру наиболее теплой части суток, наблюдаемую в середине дня при ясной погоде. Кривые $_{cp,min}\theta_v$ и $_{cp,max}\theta_v$ с достаточной точностью представляют наиболее вероятные отклонения температур от среднего значения. Кроме того, поскольку максимум температуры обычно наблюдается в дневные часы, а минимум - ночью, эти кривые дают представление о типичной амплитуде колебания температур.

Построенный по исходным данным график температурных кривых (рисунок 2.1) позволяет определить параметр t_i – интервал времени от начала года до точки перехода температурной кривой через 0°C .

Обозначим для простоты абсциссы от начала отсчета времени (начало года) до точек перехода через 0°C соответствующих температурных кривых весной:

$$t_1 = D(0^\circ_{cp.max}\theta_6);$$

$$t_2 = D(0^\circ_{cp}\theta_6);$$

$$t_3 = D(0^\circ_{cp.min}\theta_6);$$

осенью:

$$t_4 = D(0^\circ_{cp.min}\theta_6);$$

$$t_5 = D(0^\circ_{cp}\theta_6);$$

$$t_6 = D(0^\circ_{cp.max}\theta_6).$$

При расчете этих величин можно использовать методику, представленную в [1], либо произвести «съем» t_i с графика, используя процедуру трассировки, подробно рассмотренную в п. 7.2.

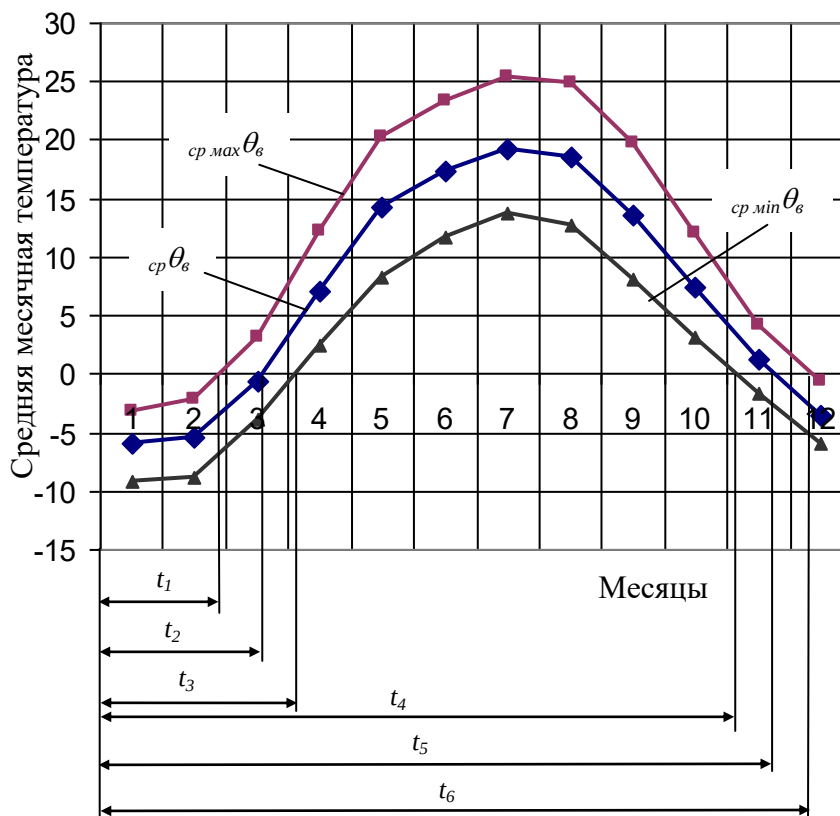


Рисунок 2.1 – График температурных кривых

Для определения дат начала, окончания и продолжительности весенней и осенней распутиц используется методика, предложенная в [1]. В этом случае продолжительность периодов распутицы определяется по размеру соответствующего интервала

$$t_{pv} = (t_3 - t_1) \cdot K_{my},$$

$$t_{po} = (t_6 - t_4) \cdot K_{my}$$

где K_{my} - коэффициент местных условий.

Коэффициент K_{my} , меньший или равный единице, может уменьшать время распутицы, учитывая местные природно-климатические характеристики района строительства (грунтовые условия, наличие стока, ориентация грунтовых поверхностей по странам света и т.д.).

Даты начала весенней распутицы

$$D_{npv} = t_1 + \frac{(t_3 - t_1) \cdot (1 - K_{my})}{2} \cdot K_a,$$

и начала осенней распутицы

$$D_{про} = t_4 + \frac{(t_6 - t_4) \cdot (1 - K_{м.у})}{2} \cdot K_a,$$

где K_a - коэффициент асимметрии; при $K_a=1$ - период распутицы находится в середине интервала, при $K_a=0$ - период распутицы смещен до предела влево, при $K_a=2$ - период распутицы смещен до предела вправо.

Даты конца весенней распутицы

$$D_{крв} = D_{про} + t_{рв},$$

и конца осенней распутицы

$$D_{кро} = D_{про} + t_{ро}.$$

Для расчета продолжительности теплого сезона, его дат начала и окончания, воспользуемся не методикой предложенной в [1], где искомые характеристики определяются осредненными для всех видов работ, а более совершенной методикой, представленной в [2]. В ней благоприятные периоды для проведения укладки пути и балластировки на песок определяются индивидуально, исходя из определенных соображений, приведенных ниже.

Приступая к анализу хода температур, следует иметь в виду ряд характерных признаков изменения естественных образований. С переходом через время t_1 начинается деградация снежного покрова, который днем подтаивает, вследствие чего образуется подснежная (зажорная) вода, более теплая, чем мерзлый грунт. Оттаивающий слой последнего оказывается в разжиженном состоянии. Снежный покров быстро разрушается с переходом через время t_2 , но поверхностный грунт должен подсохнуть, чтобы приобрести надлежащую прочность [2].

Время подсыхания t_{nc} зависит рода грунта. Оно практически отсутствует, если насыпи возведены из крупнообломочных грунтов или дренирующих песков, составляет около недели - при супесях, примерно двух недель - при суглинистых грунтах. При положительных суточных температурах, т.е. по прошествии с начала года времени t_3 , движение транспорта по естественным и насыпным грунтам обычно оказывается возможным и не сопровождается повреждениями. Чтобы не терять полностью период весеннего межсезонья (t_3-t_1), производят механическое удаление снежного покрова с основной площадки, а в выемках - еще и расчистку кюветов. Эти работы должны быть выполнены на мерзлых грунтах, т.е. до перехода через время t_1 и на протяженности, перекрывающей линейную выработку за время ($t_3-t_1-t_{nc}$). Подсыхание на предварительно открытых поверхностях за счет интенсивного дневного прогрева происходит примерно вдвое быстрее, чем в естественных условиях.

Осеннее межсезонье характеризуется затуханием летних термических процессов в связи с систематическим снижением среднесуточных температур. При достижении последними значений порядка $+5^\circ\text{C}$ теплые воздушные массы застаиваются в локальных зонах, а входящий холодный воздух вытесняется в верхние слои атмосферы, что приводит к образованию сплошных облачных систем над территориями в тысячи квадратных километров и выпадению не сильных, но продолжительных обложных дождей, переувлажняющих грунты. Нередко из таких облачных систем выпадают и твердые осадки, но днем они быстро стаивают, добавляя влагу в верхний слой промерзающих ночами грунтов. Движение транспорта по ним без повреждения поверхности обычно бывает невозможным, так что интервал ($D(+5^\circ\text{C}_{cp}\theta_6) - t_4$) оказывается нерабочим.

Положение изменяется лишь с появлением устойчивого снежного покрова, что происходит в общем случае при положительных температурах, близких нулю. Снежный покров снижает интенсивность дневного прогрева, так что при отрицательных температурах, близких к нулю, грунтовое основание уже оказывается промерзшим. Этот процесс обычно продолжается не более недели, после чего движение транспорта по мерзлому грунту уже не встречает препятствий. При отрицательных среднесуточных температурах воздуха грунты, как правило, бывают вполне промерзшими. Таким образом, потерянное время в период осеннего межсезонья составит ($t_5-t_4+t_{nm}$), где t_{nm} - время промерзания грунта.

Дата начала теплого сезона при монтаже рельсошпальной решетки

$$D_{нтс.мр} = t_1 + t_{nc},$$

дата конца

$$D_{ктс.мр} = D(+5^{\circ} \theta_{\theta}).$$

Следовательно, продолжительность теплого сезона для монтажа рельсошпальной решетки

$$t_{мс.мр} = D_{ктс.мр} - D_{нтс.мр}.$$

При определении дат начала и окончания теплого сезона для балластировки на песок необходимо руководствоваться следующими соображениями. Поскольку перевозка песчаного балласта специализированным транспортом осуществляется круглосуточно, то необходимо исключить факт смерзания балласта в наиболее холодную часть суток (ночные и предутренние часы), а значит нас должны интересовать даты перехода через 0°C температурной кривой $cp.min\theta_{\theta}$. Тогда дата начала теплого сезона для балластировке пути песком $D_{нтс.бп}=t_3$, конца - $D_{ктс.бп}=t_4$.

Продолжительность теплого сезона при балластировке пути песком

$$t_{мс.бп} = D_{ктс.бп} - D_{нтс.бп}.$$

На основе представленной в данном разделе методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad* (**2.OPYS.xmcd**), приведенный на рисунке 2.2.

2. РАСЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА

2.2. Исходные данные

Θ_{cp} - средние месячные температуры воздуха;

$\Theta_{cp.max}$ - средние из максимумов суточных температур воздуха;

$\Theta_{cp.min}$ - средние из минимумов суточных температур воздуха;

$\Theta_{cp} :=$	$\Theta_{cp.max} :=$	$\Theta_{cp.min} :=$
-6.0	-3.2	-9.2
-5.4	-2.2	-8.8
-0.6	3.1	-3.9
7.1	12.2	2.4
14.2	20.2	8.3
17.3	23.4	11.7
19.3	25.4	13.7
18.6	24.8	12.7
13.6	19.7	8.1
7.4	12.1	3.2
1.2	4.2	-1.7
-3.5	-0.7	-6.0

Время подсыхания грунта основной площадки земляного полотна $t_{пс} := 0.23$ мес

($t_{пс}=0$ дн. для дренирующих грунтов; $t_{пс}=7$ дн. для супесей; $t_{пс}=14$ дн. для суглинков)

Коэффициент местных условий $K_{му} := 0.7$

Коэффициент асимметрии $K_a := 1$

Рисунок 2.2 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 2.OPYS.xmcd (начало)

2.2. Расчетная часть

Построение графика температурных кривых

$ORIGIN := 0$

$n := \text{rows}(\Theta_{cp}) \quad i := 0..n$

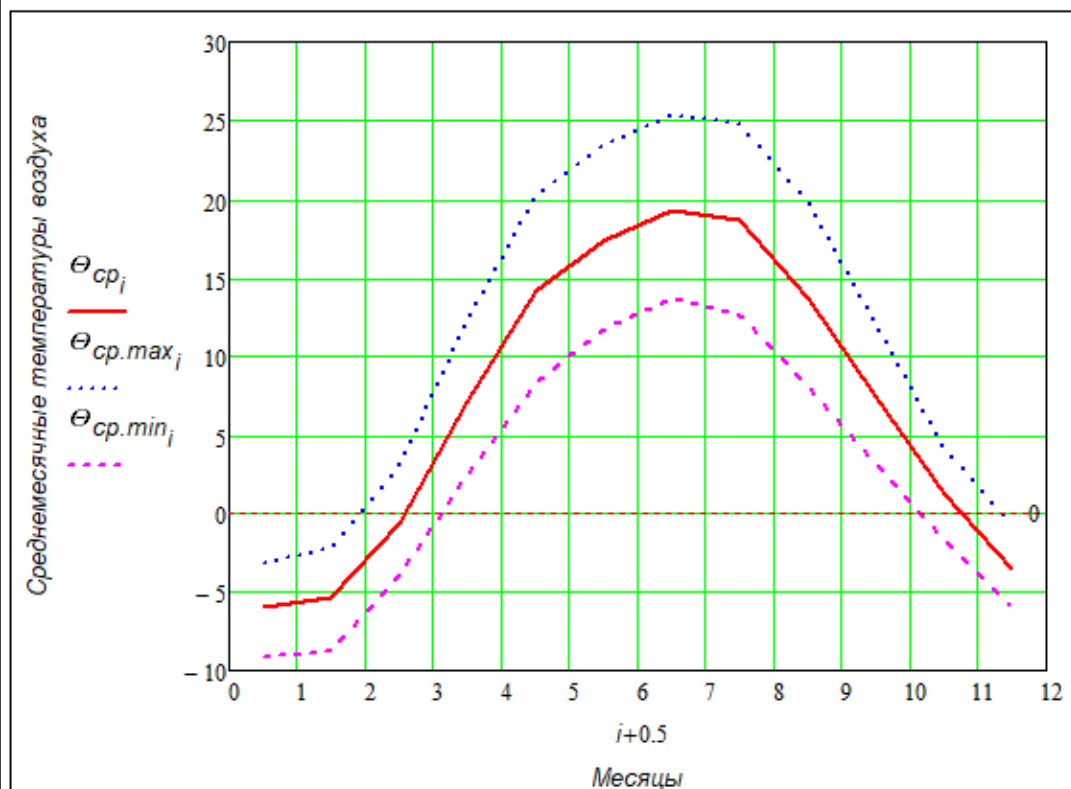


Рис. 2.1. График температурных кривых

Результаты съема величин t с графиков

$t_1 := 1.8873 \quad t_2 := 2.5634 \quad t_3 := 3.0986$

$t_4 := 10.197 \quad t_5 := 10.789 \quad t_6 := 11.408$

Результат съема даты $D_{ктс.мр}$ с графика Θ_{cp} при +5С осенью: $D_{ктс.мр} := 9.9155$ мес

Дата начала теплого сезона для балластировки на песок

$D_{нтс.бп} := t_3 \quad D_{нтс.бп} = 3.1$ мес

Дата конца теплого сезона для балластировки на песок

$D_{ктс.бп} := t_4 \quad D_{ктс.бп} = 10.2$ мес

Рисунок 2.2 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 2.OPYS.xmcd (продолжение)

Продолжительность теплого сезона для балластировки на песок

$$t_{мс.бп} := D_{кмс.бп} - D_{нмс.бп} \quad t_{мс.бп} = 7.1 \text{ мес}$$

Дата начала теплого сезона для монтажа рельсо-шпальной решетки

$$D_{нмс.мр} := t_1 + t_{пс} \quad D_{нмс.мр} = 2.12 \text{ мес}$$

Продолжительность теплого сезона для монтажа рельсо-шпальной решетки

$$t_{мс.мр} := D_{кмс.мр} - D_{нмс.мр} \quad t_{мс.мр} = 7.8 \text{ мес}$$

Продолжительность распутицы весенней

$$t_{рв} := (t_3 - t_1) \cdot K_{му} \quad t_{рв} = 0.85 \text{ мес}$$

Продолжительность распутицы осенней

$$t_{ро} := (t_6 - t_4) \cdot K_{му} \quad t_{ро} = 0.85 \text{ мес}$$

Дата начала весенней распутицы

$$D_{нрв} := t_1 + \frac{(t_3 - t_1) \cdot (1 - K_{му}) \cdot K_a}{2} \quad D_{нрв} = 2.07 \text{ мес}$$

Дата начала осенней распутицы

$$D_{нро} := t_4 + \frac{(t_6 - t_4) \cdot (1 - K_{му}) \cdot K_a}{2} \quad D_{нро} = 10.38 \text{ мес}$$

Дата конца весенней распутицы

$$D_{крв} := D_{нрв} + t_{рв} \quad D_{крв} = 2.92 \text{ мес}$$

Дата конца осенней распутицы

$$D_{кро} := D_{нро} + t_{ро} \quad D_{кро} = 11.23 \text{ мес}$$

Рисунок 2.2 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 2.0PYS.xmcd (окончание)

3. Организация работ сборочно-укладочного комплекса

3.1. Оптимизация линейной выработки лидера

Как известно из математической модели развертывания во времени и пространстве сборочно-укладочного комплекса, максимум линейной выработки на монтаже рельсошпальной решетки $_{max}L_{ул}$ получается в точке пересечения двух функций (рисунок 3.1), которые описываются восходящей и нисходящей зависимостями от дневной выработки $Q_{мп}$ [2]. Первая зависимость $L_{ул1}=f(Q_{мп})$ раскрывает в основном влияние фактора выделенного времени и решающим образом зависит от продолжительности теплого сезона $t_{мс}$, вторая зависимость $L_{ул2}=f(Q_{мп})$ математически описывает циклический характер монтажного процесса при возрастающем в его ходе расстоянии от базового склада путевых звеньев до места монтажа.

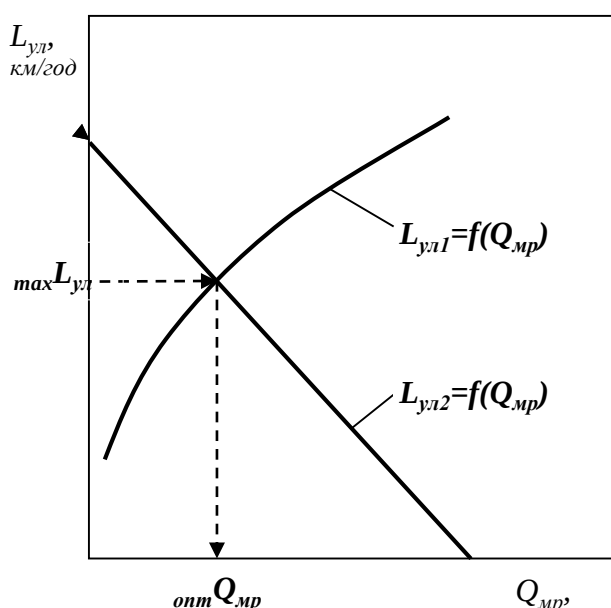


Рисунок 3.1 – Графики зависимостей $L_{ул1}=f(Q_{мп})$ и $L_{ул2}=f(Q_{мп})$

Для построения восходящей зависимости $L_{ул1}=f(Q_{мп})$ (рисунок 3.1) используем формулу [2]

$$L_{ул1} = \frac{_{св}t_{мп} \cdot A \cdot Q_{мп}}{1 + \tau_{ме} \cdot A \cdot Q_{мп}} + L_{оф},$$

где $_{св}t_{мп}$ - время совмещения монтажа рельсошпальной решетки и балластировки песком

$$_{св}t_{мп} = t_{мс.бн} - t_{бн}^{нр} - t_{бн}^{ок},$$

$t_{мс.бн}$ - продолжительность теплого сезона для балластировки песком, мес;

$t_{бн}^{нр}$ - время нахождения в работе сечения пути при балластировке песком, в качестве первого приближения принимаем $t_{бн}^{нр}=0,8$ мес;

$t_{бн}^{ок}$ - время ожидания по концу участка, принимаем $t_{бн}^{ок}=0,2$ мес;

A - параметр, значение которого определяем по формуле

$$A = 0,0250 I_{см} n_{дмп},$$

$c_m n_{\partial mp}$ - среднемесячное число дней монтажа рельсошпальной решетки, $c_m n_{\partial mp} = 15 \div 23$ дн/мес;

$\tau_{мг}$ - удельное время монтажа горловин

$$\tau_{мг} = \frac{n_{\partial мг}}{n_{\partial р мг} \cdot L_{pn}},$$

$n_{\partial мг}$ - число дней, необходимое для монтажа стрелочных переводов в горловине раздельного пункта, $n_{\partial мг} = 2 \div 4$ дн;

L_{pn} - среднее расстояние между раздельными пунктами, км;

$n_{\partial р мг}$ - выделенное время на монтаж горловин в месяц, $n_{\partial р мг} = 30,5$ дн/мес;

$L_{оф}$ - опережение по фронту монтажом рельсошпальной решетки балластировки на песок, по рекомендации [7] принимаем $L_{оф} = 10$ км.

Для построения зависимости $L_{ул2} = f(Q_{мп})$ (рисунок 3.1) используем формулу

$$L_{ул2} = \frac{v_n}{2} \cdot (t_{цп} - t_{о mp} - t_{онз} - (K_{о mp} + K_{онз}) \cdot Q_{мп}),$$

где v_n - средняя скорость движения звеновозного поезда

$$v_n = \frac{v_1 \cdot v_2 \cdot (t_{мс.бп} - t_{бп}^{np})}{v_2 \cdot (t_{бп}^{np} + t_{бп}^{ок}) + v_1 \cdot (t_{мс.бп} - 2 \cdot t_{бп}^{np} - t_{бп}^{ок})},$$

v_1 - скорость движения звеновозного поезда по участкам пути, где рельсошпальная решетка лежит на основной площадке земляного полотна или произведена балластировка песком, $v_1 = 10 \dots 15$ км/ч;

v_2 - скорость движения звеновозного поезда по участкам пути забалластированным щебнем, $v_2 = 20 \dots 30$ км/ч;

$t_{цп}$ - расчетное время цикла звеновозного поезда, ч

$$t_{цп} = \frac{(24 - t_{оннб})}{k_{рпн}},$$

$t_{оннб}$ - продолжительность операций в пункте передового базирования, $t_{оннб} = 1 \div 2$ ч;

$k_{рпн}$ - коэффициент резервирования времени для покрытия непредвиденных помех обратному выезду звеновозного поезда, $k_{рпн} = 1,15$;

$t_{о mp}$, $t_{онз}$, $K_{о mp}$, $K_{онз}$ - параметры, значения которых принимаем по таблице 3.1, в зависимости от заданного преподавателем способа стыкования звеньев при их укладке в путь, применяемого кранового оборудования для погрузки путевых звеньев на звеноборочной базе, применяемого путеукладчика и типа рельсов.

Таблица 3.1 – Значения параметров $t_{омр}$, $t_{опз}$, $K_{омр}$, $K_{опз}$

Работы	Способы стыкования и погрузки путевых звеньев	Путеукладчик	Типы рельсов			
			P50		P65	
			$t_{омр}$	$K_{омр}$	$t_{омр}$	$K_{омр}$
Монтаж РШР	Временные стыкователи	УК-25	1,046	0,12	1,005	0,127
		ПБ-3	1,254	0,177	1,265	0,162
	Накладки с двумя болтами	УК-25	1,244	0,17	1,267	0,124
		ПБ-3	1,384	0,255	1,396	0,251
Погрузка звеньев	Козловой кран	-	$t_{опз}$	$K_{опз}$	$t_{опз}$	$K_{опз}$
			0,365	0,103	0,324	0,103
	Стреловой кран	-	0,867	0,2	0,826	0,2

В [2] предлагается выполнить расчет и графические построения зависимости $L_{ул2}=f(Q_{мр})$ для трех скоростных режимов: минимального ($v_1=10$, $v_2=20$ км/ч); среднего ($v_1=12,5$, $v_2=25$ км/ч) и максимального ($v_1=15$, $v_2=30$ км/ч), что позволит найти не одну точку ($_{мах}L_{ул}$, $_{опт}Q_{мр}$) пересечения зависимостей $L_{ул1}=f(Q_{мр})$ и $L_{ул2}=f(Q_{мр})$, а иметь область оптимальных решений (выделена жирной линией на рисунке 3.2) для различных скоростных режимов звеновозного поезда. Окончательное решение по выбору скоростного режима звеновозного поезда будет принято в п.3.2.

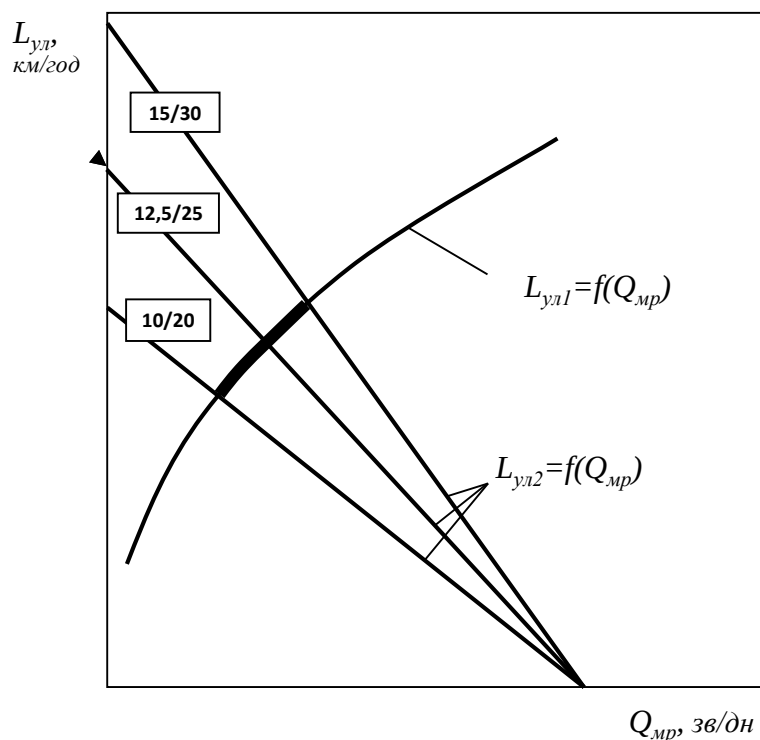


Рисунок 3.2 – Определение области оптимальных решений ($_{мах}L_{ул}$, $_{опт}Q_{мр}$) для различных скоростных режимов (v_1/v_2) звеновозного поезда

3.2. Определение срока строительства железной дороги

Монтажная длина линии – суммарная протяженность участков пути, где укладка звеньев рельсошпальной решетки производится путеукладчиком УК-25 или ПБ-3, определяется по формуле [2]

$$L_{лм} = L_{л} \cdot \left(1 - \frac{L_{ксп}}{L_{pn}}\right) - L_{нсп} - L_{уовс} + 0,5 \cdot L_{нкс} + L_{нт} ,$$

где $L_{л}$ – протяженность строящейся линии по километражу, км;

$L_{ксп}$ – суммарная длина комбинаций стрелочных переводов, уложенных в горловинах раздельных пунктов по главному пути; $L_{ксп} = 0,15 \div 0,2$ км/км;

$L_{нсп}$ – длина путей от оси отсчета километров станции примыкания до заднего стыка стрелочных переводов, ответвляющих новую линию, $L_{нсп} = 0,5 \div 1,0$ км;

$L_{уовс}$ – протяженность участков с особым верхним строением, например, пути на брусках в пределах безбалластных металлических мостов, км;

$$L_{уовс} = \sum L_{мбi} ,$$

$L_{мбi}$ – длины больших металлических мостов, км;

$L_{нкс}$ – длина путей концевой (тупиковой) станции, при поперечной схеме путевого развития в зависимости от числа путей $L_{нкс} = 1,2 \div 1,7$ км;

$L_{нт}$ – длина вытяжного тупика, $L_{нт} = 0,8 \div 1,2$ км;

Среднее число сезонных (сдаточных) участков линии

$$n_{ул} = \left\lceil \frac{L_{лм}}{max L_{ул}} \right\rceil ,$$

где $\lceil \dots \rceil$ – означает округление полученного результата до целого в большую сторону, $\lfloor \dots \rfloor$ – в меньшую сторону.

Ориентировочно срок строительства линии можно найти по формуле

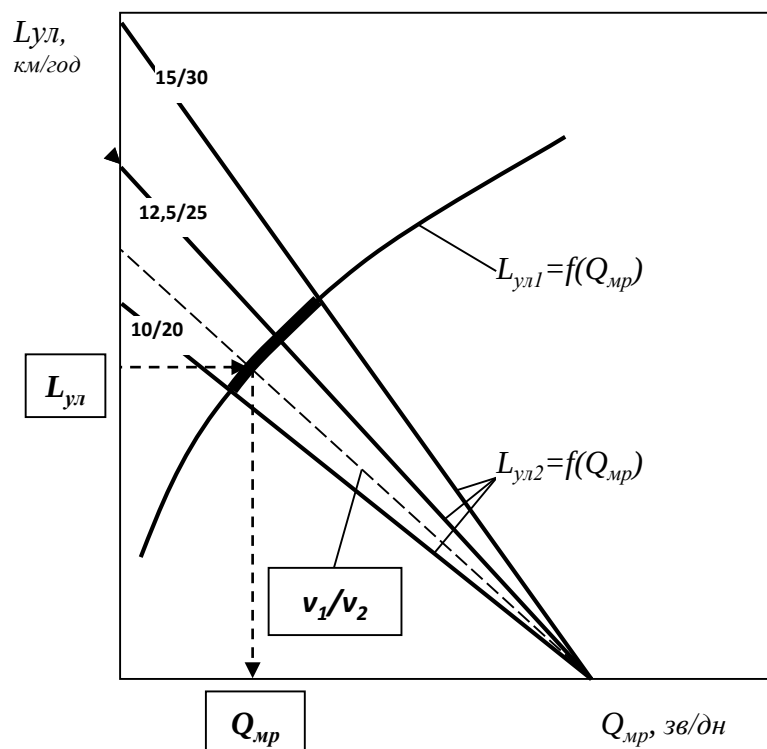
$$t_{сл} = t_{сул} + n_{ул} - 1 ,$$

где $t_{сул}$ – срок строительства участка линии протяженностью $L_{ул}$, в качестве первого приближения принимаем $t_{сул} = 3,75$ года.

Полученные значения $t_{сл}$ необходимо сравнить с директивным сроком строительства $t_{дир}$. Если условие $t_{сл} < t_{дир}$ выполняется, то цель данного раздела считается достигнутой. В этом случае окончательно принимаем значение параметра $L_{ул}$

$$L_{ул} = \frac{L_{лм}}{n_{ул}} .$$

Далее с графика (рисунок 3.3) «снимаем» значение необходимой дневной выработки на монтаже $Q_{мр}$ и, используя интерполяцию, определяем, какой при этом должен быть скоростной режим звеновозного поезда (v_1, v_2).

Рисунок 3.3 – Определение скоростного режима звеновозного поезда (v_1, v_2)

Если $t_{сл} > t_{опр}$, то необходимо изменить численные значения некоторых параметров, используемых в расчете п. 3.1. Следует отметить, что на этом этапе студент должен самостоятельно выявить те параметры расчета, которые поддаются корректировке, определить в сторону уменьшения или увеличения необходимо их изменять для улучшения итоговых показателей проектирования и каковы границы этих изменений. Свои действия студент обязательно согласовывает с преподавателем. В п.7.2 приведен пример снятия ограничения по директивному сроку строительства (рисунок 7.9).

На основе представленных в п. 3.1 и 3.2 методик, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad* (3.1.-3.2.OPYS.xmcd), приведенный на рисунке 3.4.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ СБОРОЧНО - УКЛАДОЧНОГО КОМПЛЕКСА

3.1. Оптимизация линейной выработки лидера

$ORIGIN := 1$

Построение графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мп})$

Продолжительность теплого сезона для балластировки на песок $t_{мс.бп} := 7.10$ мес

Время нахождения в работе сечения пути при балластировке песком $t_{нр.бп} := 0.8$ мес

Время ожидания по концу участка $t_{ок.бп} := 0.2$ мес

Время совмещения монтажа РШР и балластировки на песок

$$t_{св.мп} := t_{мс.бп} - t_{нр.бп} - t_{ок.бп} \quad t_{св.мп} = 6.1 \text{ мес}$$

Среднее расстояние между раздельными пунктами $L_{рп} := 12$ км

Выделенное время на монтаж горловин в месяц $N_{др.мг} := 30.5$ дн/мес

Число дней для выполнения монтажных работ на раздельном пункте $N_{дмг} := 4$ дн

Удельное время монтажа горловин

$$\tau_{мг} := \frac{N_{дмг}}{(N_{др.мг} \cdot L_{рп})} \quad \tau_{мг} = 0.01093 \text{ мес/км}$$

Среднемесячное число дней монтажа рельсо-шпальной решетки $смN_{дмп} := 18$ дн

Значение параметра A

$$A := 0.02501 \cdot смN_{дмп} \quad A = 0.45$$

Опережение по фронту монтажом РШР балластировки на песок $L_{оф} := 10$ км

Для построения графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мп})$ задаемся значениями

$$Q_{мп} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \end{pmatrix} \text{ зв/дн}$$

Рисунок 3.4 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd (начало)

и определяем значения $L_{ул1}$

$$i := 1..5 \quad L_{ул1_i} := \frac{t_{св.мп} \cdot A \cdot Q_{мп_i}}{1 + \tau_{мг} \cdot A \cdot Q_{мп_i}} + L_{оф}$$

$$L_{ул1} = \begin{pmatrix} 60 \\ 81.79 \\ 101.78 \\ 120.2 \\ 137.21 \end{pmatrix} \quad \text{км/год}$$

Построение графика функции $L_{ул2} = f(Q_{мп})$

Задаемся минимальной, средней и максимальной скоростью движения звеновозного поезда по участкам, где путь уложен по "черному" или забалластирован только на песок

$$V_1 := \begin{pmatrix} 10 \\ 12.5 \\ 15 \end{pmatrix} \quad \text{км/ч}$$

Задаемся минимальной, средней и максимальной скоростью движения звеновозного поезда по участкам забалластированным на щебень

$$V_2 := \begin{pmatrix} 20 \\ 25 \\ 30 \end{pmatrix} \quad \text{км/ч}$$

Рассчитаем средние скорости движения звеновозного поезда для минимального, среднего и максимального скоростного режима движения звеновозного поезда

$$i := 1..3 \quad V_{п_i} := \frac{V_{1_i} \cdot V_{2_i} \cdot (t_{мс.бп} - t_{нр.бп})}{V_{2_i} \cdot (t_{нр.бп} + t_{ок.бп}) + V_{1_i} \cdot (t_{мс.бп} - 2 \cdot t_{нр.бп} - t_{ок.бп})}$$

$$V_{п} = \begin{pmatrix} 17.26 \\ 21.58 \\ 25.89 \end{pmatrix} \quad \text{км/ч}$$

Продолжительность операций в пункте передового базирования

$$t_{оппб} := 1 \text{ ч}$$

Коэффициент резервирования времени для покрытия непредвиденных помех обратному выезду звеновозного поезда

$$K_{рнп} := 1.15$$

Время цикла звеновозного поезда

$$t_{цп} := \frac{24 - t_{оппб}}{K_{рнп}} \quad t_{цп} = 20 \text{ ч}$$

Рисунок 3.4 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd
(продолжение)

Таблица 3.1

Значения параметров $t_{омр}$, $t_{опз}$, $K_{омр}$, $K_{опз}$

Работы	Способы стыкования и погрузки путевых звеньев	Путеукладчик	Типы рельсов			
			Р50		Р65	
			$t_{омр}$	$K_{омр}$	$t_{опз}$	$K_{опз}$
Монтаж РПР	Временные стыкователи	УК-25	1,046	0,12	1,005	0,127
		ПБ-3	1,254	0,177	1,265	0,162
	Накладки с двумя болтами	УК-25	1,244	0,17	1,267	0,124
		ПБ-3	1,384	0,255	1,396	0,251
Погрузка звеньев	Козловым краном	-	$t_{опз}$	$K_{опз}$	$t_{опз}$	$K_{опз}$
	Стреловым краном с бокового пути	-	0,365	0,103	0,324	0,103
			0,867	0,2	0,826	0,2

По табл. 3.1 определяем значения $t_{омр}$, $t_{опз}$, $K_{омр}$, $K_{опз}$ для заданных в задании
условий строительства

$$t_{омр} := 1.005$$

$$K_{омр} := 0.127$$

$$t_{опз} := 0.324$$

$$K_{опз} := 0.103$$

Определяем ординату линии $L_{ул2} = f(Q_{мр})$ при $Q_{мр} = 0$

$$L_{ул2} := \frac{V_{п}}{2} \cdot (t_{цп} - t_{омр} - t_{опз})$$

$$L_{ул2} = \begin{pmatrix} 161.13 \\ 201.42 \\ 241.7 \end{pmatrix}$$

км/год

Определяем абсциссу линии $L_{ул2} = f(Q_{мр})$ при $L_{ул2} = 0$

$$Q_{мр2} := \frac{(t_{цп} - t_{омр} - t_{опз})}{K_{омр} + K_{опз}}$$

$$Q_{мр2} = 81.18 \text{ зв/дн}$$

Подготовка данных к построению графика $L_{ул1}$

$$x2 := \begin{pmatrix} Q_{мр1} \\ Q_{мр2} \\ Q_{мр3} \\ Q_{мр4} \\ Q_{мр5} \end{pmatrix} \quad L_{ул1} := \begin{pmatrix} L_{ул1_1} \\ L_{ул1_2} \\ L_{ул1_3} \\ L_{ул1_4} \\ L_{ул1_5} \end{pmatrix}$$

Подготовка данных к построению графика $L_{ул2.min} \cdot L_{ул2.cр} \cdot L_{ул2.max}$

$$x1 := \begin{pmatrix} 0 \\ Q_{мр2} \end{pmatrix}$$

Рисунок 3.4 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd
(продолжение)

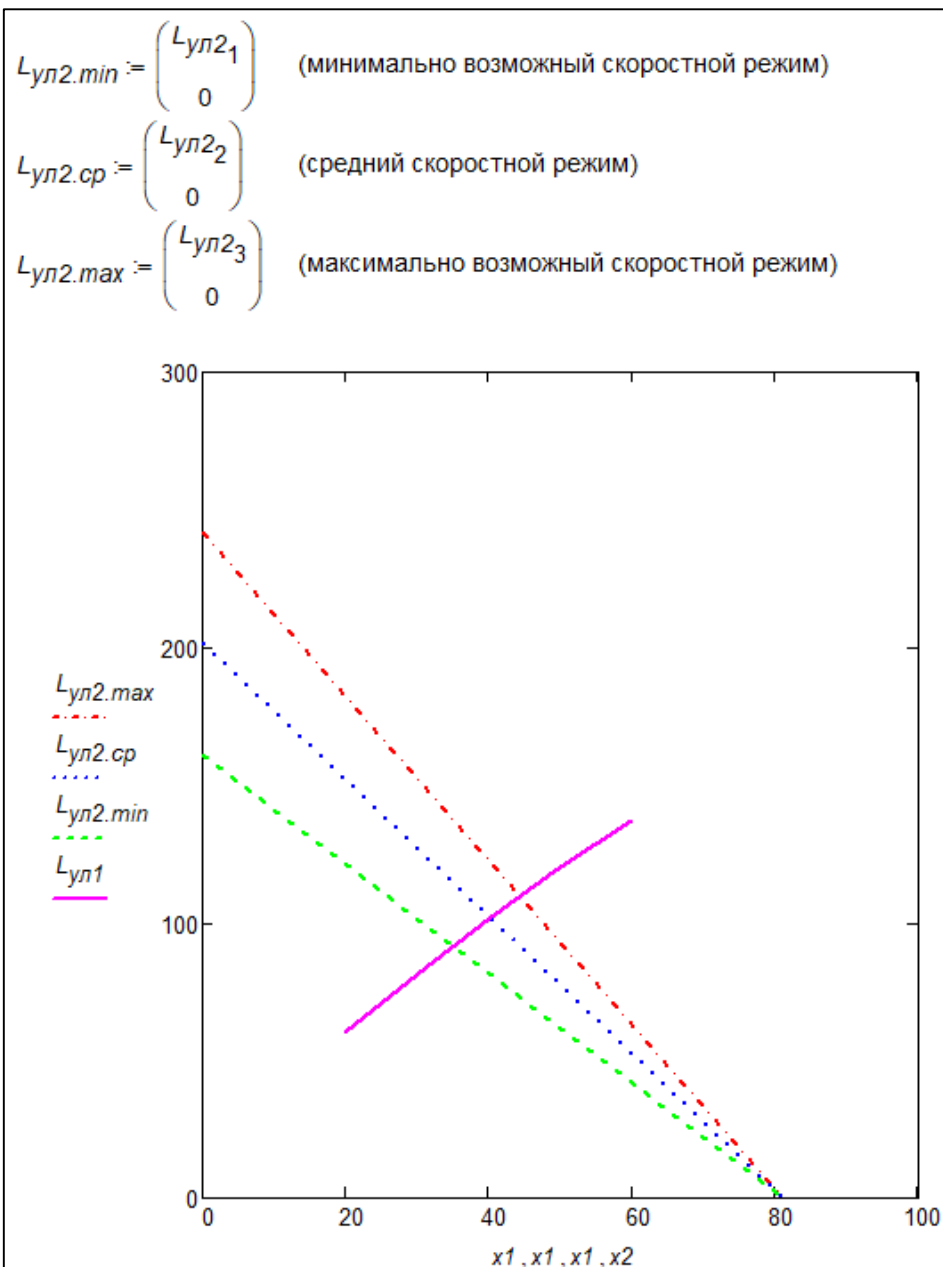


Рис. 3.1. Графики зависимостей $L_{ул1}=f(Q_{мр})$ и $L_{ул2}=f(Q_{мр})$

Результаты съема с графиков оптимальных величин $L_{ул}$ и $Q_{мр}$

минимально возможный скоростной режим	$L_{ул.min} := 92.672$ км/год
	$Q_{мр.min} := 35.237$ зв/дн
средний скоростной режим	$L_{ул.ср} := 102.37$ км/год
	$Q_{мр.ср} := 40.175$ зв/дн
максимально возможный скоростной режим	$L_{ул.max} := 110.45$ км/год
	$Q_{мр.max} := 44.439$ зв/дн

Рисунок 3.4 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd
(продолжение)

3.2. Срок строительства железной дороги

Протяженность строящейся линии по километражу

$$L_{\text{л}} := 345 + 270 \text{ км}$$

Суммарная длина комбинаций стрелочных переводов в
горловинах раздельных пунктов по главному пути

$$L_{\text{ксп}} := 0.2 \text{ км/км}$$

Длина путей от оси отсчета километров станции примыкания до
заднего стыка стрелочных переводов, ответвляющих новую линию

$$L_{\text{псп}} := 0.5 \text{ км}$$

Протяженность участков с особым типом верхнего строения пути (безбалластные
металлические мосты)

$$L_{\text{уовс}} := 0.65 + 0.36 + 0.52 + 0.183 + 1.06 + 0.433 + 0.205$$

$$L_{\text{уовс}} = 3.411 \text{ км}$$

Длина путей концевой (тупиковой) станции

$$L_{\text{пкс}} := 1.2 \text{ км}$$

Длина вытяжного тупика

$$L_{\text{пт}} := 0.8 \text{ км}$$

Определяем монтажную длину линии

$$L_{\text{лм}} := L_{\text{л}} \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{ксп}}}{L_{\text{рп}}}\right) - L_{\text{псп}} - L_{\text{уовс}} + 0.5 \cdot L_{\text{пкс}} + L_{\text{пт}}$$

$$L_{\text{лм}} = 602.24 \text{ км}$$

Число сдаточных участков

$$n_{\text{ул. min}} := \frac{L_{\text{лм}}}{L_{\text{ул. min}}}$$

$$n_{\text{ул. min}} = 6.5$$

округляем

$$n_{\text{ул. min}} := 7$$

$$n_{\text{ул. ср}} := \frac{L_{\text{лм}}}{L_{\text{ул. ср}}}$$

$$n_{\text{ул. ср}} = 5.88$$

округляем

$$n_{\text{ул. ср}} := 6$$

$$n_{\text{ул. max}} := \frac{L_{\text{лм}}}{L_{\text{ул. max}}}$$

$$n_{\text{ул. max}} = 5.45$$

округляем

$$n_{\text{ул. max}} := 6$$

Срок строительства участка линии протяженностью $L_{\text{ул}}$

$$t_{\text{сул}} := 3.75 \text{ года}$$

Срок строительства всей железнодорожной линии

$$t_{\text{сл. min}} := t_{\text{сул}} + n_{\text{ул. min}} - 1$$

$$t_{\text{сл. min}} = 9.75$$

года

$$t_{\text{сл. ср}} := t_{\text{сул}} + n_{\text{ул. ср}} - 1$$

$$t_{\text{сл. ср}} = 8.75$$

года

$$t_{\text{сл. max}} := t_{\text{сул}} + n_{\text{ул. max}} - 1$$

$$t_{\text{сл. max}} = 8.75$$

года

Два последних варианта расчета дали удовлетворительный результат с точки
зрения директивного срока $t_{\text{сл}} < t_{\text{дир}} = 9$ лет.

Окончательно принимаем число участков

$$n_{\text{ул}} := 6$$

Рисунок 3.4 – Исходный текст документа-шаблона *Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd*
(продолжение)

В этом случае протяженность участка линии $L_{ул}$ составит

$$L_{ул} := \frac{L_{лм}}{n_{ул}} \quad L_{ул} = 100.37 \quad \text{км/год}$$

Используя процедуру трассировки, по графику $L_{ул1} = f(Q_{мп})$ определяем значение объемной выработки на монтаже РШР

$$Q_{мп} := 39.39 \quad \text{зв/дн}$$

Строим, рис. 3.2, окончательную функцию $L_{ул2} = f(Q_{мп})$, соответствующую необходимому скоростному режиму звеновозного поезда

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ Q_{мп2} \end{pmatrix}$$

$$L_{ул2} := \begin{bmatrix} \frac{L_{ул} \cdot Q_{мп2}}{(Q_{мп2} - Q_{мп})} \\ 0 \end{bmatrix}$$

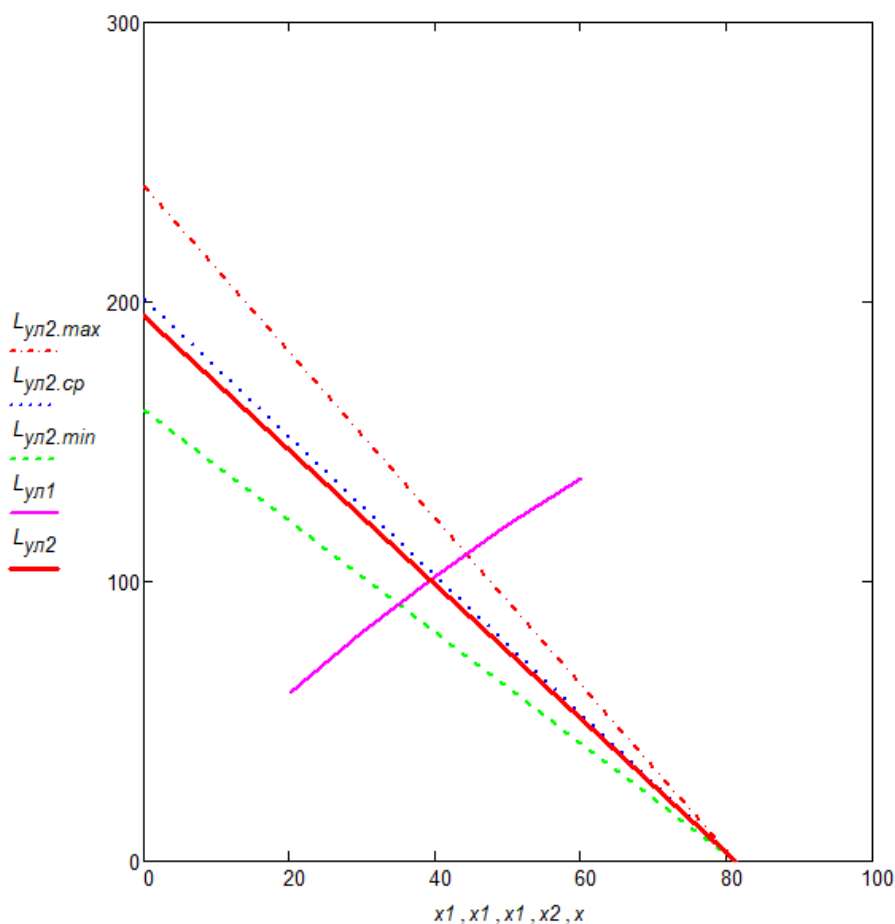


Рис. 3.2. Определение скоростного режима звеновозного поезда (V_1, V_2)

Для достижения полученных в ходе расчета оптимальных значений $L_{ул}$ и $Q_{мп}$ необходимо использовать скоростной режим звеновозного поезда, показанный на рис. 3.2. Значения скоростей V_1 и V_2 определяются интерполяцией.

Окончательно принимаем $V_1 := 12$ км/ч $V_2 := 24$ км/ч

Рисунок 3.4 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd (окончание)

3.3. Построение календарного графика монтажа рельсошпальной решетки и балластировки на песок

При построении календарного графика производства работ балластировка на песок должна в точности «вписаться» в период благоприятный для ее проведения - $t_{мс.бн}$. В соответствии с этим дата начала балластировки на песок

$$D_{н.бн} = D_{мс.бн},$$

а дата окончания

$$D_{к.бн} = D_{мс.бн}.$$

Продолжительность балластировки на песок

$$t_{бн} = t_{мс.бн}.$$

Удельное время линии разворачивания и сворачивания работ балластировки на песок

$$\tau_{бн} = \frac{t_{бн}^{np} - t_{бн}^{ок}}{L_{ул}}.$$

Полученный по формуле результат $\tau_{бн}$ необходимо округлять с точностью не менее четырех знаков после запятой.

Линия укладки пути на графике строится в результате пространственно-временной увязки с линией балластировки на песок, т.е. никак не привязывается к датам начала и окончания теплого сезона для монтажа рельсошпальной решетки, см. рисунок 3.5. Следовательно, необходима дополнительная проверка попадания данного комплекса работ в благоприятный для нее период.

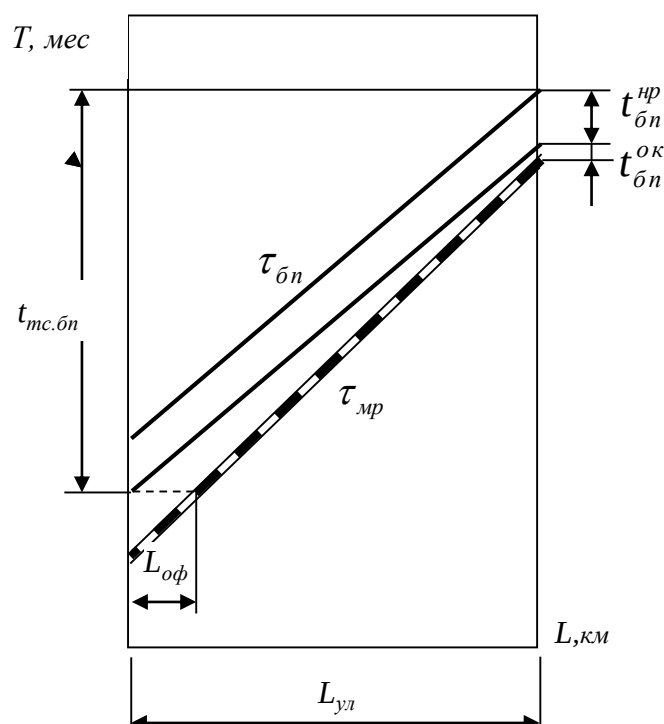


Рисунок 3.5 – Пространственно-временная увязка монтажа рельсошпальной решетки и балластировки на песок

Дата окончания укладки пути

$$D_{к.мп} = D_{мс.бн} - t_{бн}^{np} - t_{бн}^{ок}.$$

Дата начала укладки пути

$$D_{н.мр} = D_{нтс.бп} - \frac{L_{оф} \cdot (D_{к.мр} - D_{нтс.бп})}{L_{ул} - L_{оф}}.$$

Условием попадания монтажа рельсошпальной решетки в благоприятный для данного вида работ период является выполнение следующих неравенств:

$$D_{н.мр} \geq D_{нтс.мр}, \quad (1)$$

$$D_{к.мр} \leq D_{ктс.мр}. \quad (2)$$

Если условие (1) или (2) не выполняется, необходима корректировка даты: при невыполнении условия (1) $D_{н.мр} = D_{нтс.мр}$, при невыполнении условия (2) $D_{к.мр} = D_{ктс.мр}$.

Продолжительность монтажа рельсошпальной решетки

$$t_{мр} = D_{к.мр} - D_{н.мр}.$$

Удельное время монтажа рельсошпальной решетки

$$\tau_{мр} = \frac{t_{мр}}{L_{ул}}.$$

Полученный по формуле результат $\tau_{мр}$ необходимо округлять с точностью не менее четырех знаков после запятой.

На основе представленной в п. 3.3 методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad (3.3.OPYS.xmcd)*, приведенный на рисунке 3.6.

3.4. Ресурсы сборочно-укладочного комплекса работ

В связи с тем, что пакет звеньев размещается на двух платформах звеновозного поезда (сцеп), рассчитанное число платформ в поезде по формуле [3]

$$n_{пл} = \lceil 0,286 \cdot Q_{мр} \rceil,$$

необходимо округлить в большую сторону до целого числа, кратного двум.

Масса звеновозного поезда $m_{нзв}$

$$m_{нзв} = k_{мр} \cdot Q_{мр} + 23 \cdot n_{пл} + m_{л},$$

где $k_{мр}$ - параметр, для рельсов типа Р50 $k_{мр}=6,67$ т/зв; для рельсов типа Р65 $k_{мр}=7,51$ т/зв;

$m_{л}$ - масса тепловоза, для тепловоза ТЭ-3 (1секция) $m_{л}=127$ т, для тепловоза ТГМ-3 - 68т.

Численность людей, занятых на всех операциях сборочно-укладочного комплекса $n_{лсук}$:

- при высоком темпе монтажа (60÷80 км/год и более), невозможности пооперационных переходов рабочих в процессе монтажа и выправки пути, сборке звеньев в две смены с погрузкой в ночную смену для путеукладчика УК-25 $n_{лсук}=104÷106$ человек, для путеукладчика ПБ-3 $n_{лсук}=93÷95$ человек.

- при невысоком темпе монтажа (50÷60 км/год и менее), возможности использования рабочих на двух операциях в процессе монтажа и выправки пути, сборке звеньев в одну, погрузке - во вторую смену: для путеукладчика УК-25 $n_{лсук}=59÷60$ человек, для путеукладчика ПБ-3 $n_{лсук}=54÷55$ человек.

Выработка на одного рабочего в период монтажа рельсошпальной решетки $P_{мр}$

$$P_{мр} = \frac{1}{\tau_{мр} \cdot n_{лсук}}.$$

На основе представленной в п. 3.4 методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad (3.4.OPYS.xmcd)*, приведенный на рисунке 3.7.

3.3. Построение календарного графика монтажа рельсо-шпальной решетки и балластировки на песок

Дата начала теплого сезона для балластировки на песок $D_{нтс.бп} := 3.10$ мес

Дата конца теплого сезона для балластировки на песок $D_{ктс.бп} := 10.20$ мес

При построении календарного графика производства работ балластировка на песок должна в точности вписаться в период благоприятный для ее проведения - $t_{мс.бп}$

Дата начала балластировки на песок $D_{н.бп} := D_{нтс.бп}$ $D_{н.бп} = 3.1$ мес

Дата окончания балластировки на песок $D_{к.бп} := D_{ктс.бп}$ $D_{к.бп} = 10.2$ мес

Продолжительность балластировки на песок $t_{бп} := D_{к.бп} - D_{н.бп}$ $t_{бп} = 7.1$ мес

Время нахождения в работе сечения пути при балластировке песком $t_{нр.бп} := 0.8$ мес

Время ожидания по концу участка $t_{ок.бп} := 0.2$ мес

Линия укладки пути на графике строится в результате пространственно-временной увязки с линией балластировки на песок, т.е. никак не привязывается к датам начала и окончания теплого сезона для монтажа РШР, см. рис. 3.3. Следовательно, необходима проверка попадания данного комплекса работ в благоприятный для нее период.

Дата окончания укладки пути $D_{к.мп} := D_{ктс.бп} - t_{нр.бп} - t_{ок.бп}$ $D_{к.мп} = 9.2$ мес

Дата начала укладки пути при известном $L_{ул} := 100.37$ км/год и $L_{оф} := 10$ км

$$D_{н.мп} := D_{нтс.бп} - \frac{L_{оф} \cdot (D_{к.мп} - D_{нтс.бп})}{L_{ул} - L_{оф}} \quad D_{н.мп} = 2.42 \text{ мес}$$

Удельное время балластировки на песок

$$\tau_{бп} := \frac{t_{бп} - t_{нр.бп}}{L_{ул}} \quad \tau_{бп} = 0.06277 \text{ мес/км}$$

Дата начала теплого сезона для монтажа рельсо-шпальной решетки

$$D_{нтс.мп} := 2.12 \text{ мес}$$

Дата конца теплого сезона для монтажа рельсо-шпальной решетки

$$D_{ктс.мп} := 9.9155 \text{ мес}$$

Условием попадания монтажа РШР в благоприятный для данного вида работ период является выполнение следующих неравенств:

1. $D_{н.мп} \geq D_{нтс.мп}$
2. $D_{к.мп} \leq D_{ктс.мп}$

В противном случае, необходима корректировка даты.

Рисунок 3.6 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.3.OPYS.xmcd (начало)

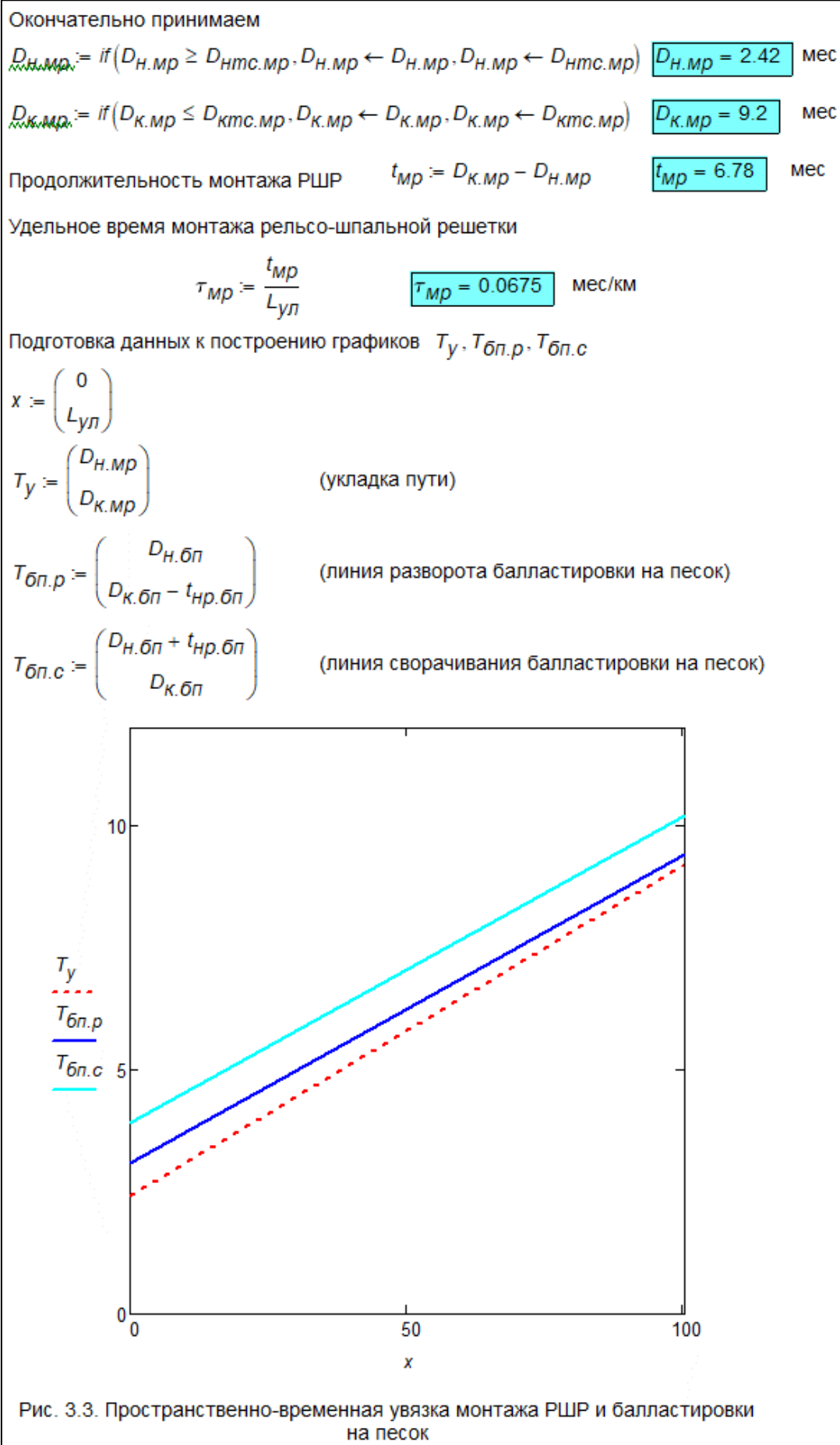


Рисунок 3.6 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.3.OPYS.xmcd (окончание)

3.4. Ресурсы сборочно-укладочного комплекса работ

Объемная выработка на монтаже РШР

$$Q_{MP} := 39.39 \text{ зв/дн}$$

Расчитанное число платформ в звеновозном поезде по формуле

$$n_{пл} := 0.286 \cdot Q_{MP} \quad n_{пл} = 11.27$$

необходимо округлить в большую сторону до целого числа, кратного двум

$$n_{пл} := 12 \text{ шт}$$

Для определения массы звеновозного поезда $m_{пзв}$ принимаем массу тепловоза (тепловоз ТЭ-3 /1секция/ - 127т; тепловоз ТГМ-3 - 68т)

$$m_{л} := 127 \text{ т}$$

параметр k_{mp} ($k_{mp}=6.67$ т/зв для рельсов типа Р50; $k_{mp}=7.51$ т/зв для рельсов типа Р65)

$$k_{mp} := 7.51 \text{ т/зв}$$

$$m_{пзв} := k_{mp} \cdot Q_{MP} + 23 \cdot n_{пл} + m_{л} \quad m_{пзв} = 698.82 \text{ т}$$

Число людей, занятых на всех операциях сборочно-укладочного комплекса $n_{лсук}$

- при высоком темпе монтажа (60-80 км/год и более), невозможности переходов рабочих в процессе монтажа и выправки пути, сборке звеньев в две смены с погрузкой в ночную смену: для путеукладчика УК-25 104-106 человек, для путеукладчика ПБ-3 93-95 человек.

- при невысоком темпе монтажа (50-60 км/год и менее), возможности использования рабочих на двух операциях в процессе монтажа и выправки пути, сборке звеньев в одну, погрузке - во вторую смену: для путеукладчика УК-25 59-60 человек, для путеукладчика ПБ-3 54-55 человек.

$$n_{лсук} := 105 \text{ чел}$$

Выработка на одного рабочего в период монтажа рельсо-шпальной решетки $P_{тмп}$

при известном $\tau_{MP} := 0.0675 \text{ мес/км}$

$$P_{тмп} := \frac{1}{(\tau_{MP} \cdot n_{лсук})} \quad P_{тмп} = 0.141$$

Рисунок 3.7 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.4.OPYS.xmcd

3.5. Организация работ на звеносборочной базе

Организация работ на звеносборочной базе тесно связана с организацией работ по укладке пути и представляет собой единый сборочно-укладочный комплекс. Поэтому она не может рассматриваться в отрыве от укладочного процесса. Основной характеристикой базы является ее выработка, которая зависит от организации работ и применяемого комплекта машин и оборудования на самой звеносборочной базе, с другой стороны, должна обеспечивать

заданный темп монтажа рельсошпальной решетки, определяемый общей организационной схемой строительства линии. Таким образом, производительность звеносборочной базы может играть двоякую роль. Она может быть определена, исходя из темпа укладки пути, и может являться ограничением этого темпа [8].

Организуемый на базе склад готовых звеньев, предназначенный для хранения суточной выработки базы и гашения колебаний в темпах сборки и укладки пути, зависит не только от производительности базы и взаимных связей сборочно-укладочного комплекса работ, но и от годового фонда рабочего времени самой базы.

Организация работ на звеносборочной базе связана с потреблением и расходом временных, трудовых и материальных ресурсов. Если потребление и расход материальных ресурсов можно регулировать путем образования складов, а трудовые ресурсы - путем маневра рабочей силы, то возможный годовой фонд рабочего времени базы является для данных условий строительства величиной, мало поддающейся регулированию за счет изменения организации работ на звеносборочной базе. Поэтому определяющей характеристикой при установлении возможной суточной производительности звеносборочной базы является годовой фонд рабочего времени. С другой стороны, потребная производительность звеносборочной базы зависит от годовых объемов работ и срока монтажа рельсошпальной решетки. В связи с этим, выбор рабочего оборудования и сменный режим работы на звеносборочной базе также зависит от вышеназванных характеристик. Если считать годовой объем работ и срок монтажа рельсошпальной решетки известным, то фактическая производительность базы зависит от организации работ на звеносборочной базе и объема склада готовой продукции. Отсюда могут быть установлены: сменный режим работы базы, потребность в рабочей силе, длина складских путей и другие характеристики звеносборочной базы.

В случае ограничения по какому-либо виду ресурсов и невозможности обеспечения потребной производительности звеносборочной базы, последняя сама будет выступать в качестве ограничения при определении темпов укладки пути.

Время работы базы при ее ежегодной перебазировке можно определить по формуле

$$t_{пб} = 12 - t_{нб} - t_p,$$

где $t_{нб}$ - продолжительность перебазировки базы, $t_{нб} = 0,5 \div 1,5$ мес;

t_p - время ремонта оборудования базы, $t_p = 0,5 \div 1$ мес.

Учитывая целодневные потери времени, определяем возможное время на сборку звеньев

$$t_{сб} = t_{пб} \cdot \frac{365 - t_{мн} - t_{нб} - t_{опз} - t_{мо}}{12},$$

где $t_{мн}$ - число дней в году, теряемых по метеорологическим причинам, $t_{мн} = 5 \div 10$ дн;

$t_{нб}$ - число праздничных и выходных дней в году, при пятидневке $t_{нб} = 110 \div 115$ дн;

$t_{опз}$ - число дней в году, теряемых по организационным причинам, $t_{опз} = 5 \div 20$ дн;

$t_{мо}$ - число дней в году нахождения оборудования базы в текущем ремонте и на техническом обслуживании, $t_{мо} = 10 \div 20$ дн.

Потребная производительность звеносборочной базы

$$Q_{сб}^n = \left[\frac{N_{зв}}{t_{сб}} \right],$$

где $N_{зв}$ - число звеньев, укладываемых в главные и станционные пути на участке $L_{ул}$

$$N_{зв} = 40 \cdot L_{ул} \cdot (1 + \beta_{ст}),$$

$\beta_{ст} = 0,2 \div 0,4$ - коэффициент, учитывающий увеличение объема укладки пути за счет станционных путей.

Запас звеньев на складе можно определить по формуле, см. рисунок 3.8

$$P_{скл}^n = Q_{сб}^n \cdot (t_{сб} - t_{мр,р\delta}),$$

где $t_{мр,р\delta}$ - продолжительность монтажа рельсошпальной решетки в рабочих днях

$$t_{мр,р\delta} = n_{р\delta м} \cdot (D_{к.мр} - D_{н.мр}),$$

$n_{р\delta м}$ - число рабочих дней в месяце, $n_{р\delta м} = 15 \div 23$ дн/мес.

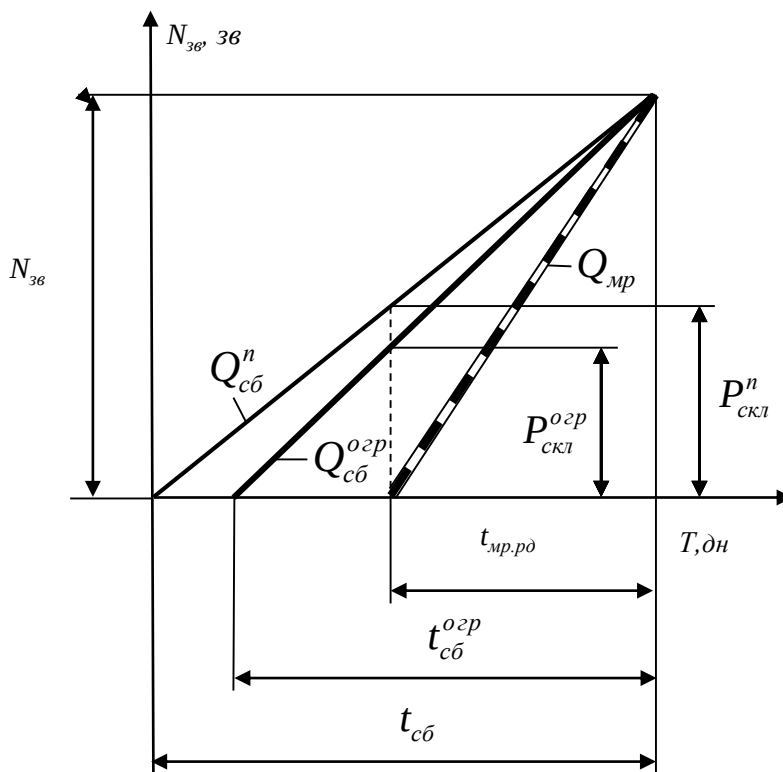


Рисунок 3.8 – Схема определения запаса звеньев на складе звеносборочной базы

Данный запас звеньев $P_{скл}^n$ необходимо разместить вдоль путей следования кранового оборудования. Длина складских путей определяется по формуле

$$L_{скл}^n = \left[\frac{P_{скл}^n}{n_p \cdot n_{шт}} \right] \cdot 26,$$

где n_p - число рядов штабелей звеньев (для козлового крана $n_p = 2 \div 3$, для стрелового крана $n_p = 1 \div 2$);

$n_{шт}$ - количество звеньев в штабеле, зависит от типа кранового оборудования, $n_{шт} = 12 \div 18$;

26 - длина штабеля звеньев с учетом прохода.

В случае, если существует ограничение по длине складских путей $L_{скл}^{огр}$, необходимо сделать перерасчёт

$$P_{скл}^{огр} = \left[\frac{L_{скл}^{огр}}{26} \right] \cdot n_p \cdot n_{шт},$$

$$t_{сб}^{огр} = \frac{N_{зв} \cdot t_{мр,р\delta}}{N_{зв} - P_{скл}^{огр}},$$

$$Q_{сб}^{озр} = \left[\frac{N_{зв}}{t_{сб}^{озр}} \right].$$

По известному значению суточной производительности базы подбираем агрегат по сборке звеньев. Выбор осуществляется путем сравнения рассчитанной производительности базы с возможной для данного агрегата, таблица 3.2. Одновременно подбираем значение коэффициента сменности $K_{см}$.

Таблица 3.2 – Производительность звеносборочных агрегатов

Звеносборочный агрегат	Коэффициент сменности $K_{см}$	Суточная производительность $Q_{сб}$, зв/дн
ЗС-400	1	до 16
ППЗЛ-500	1	17-18
ППЗЛ-650	1	19-23
ЗС-400	2	24-32
ППЗЛ-500	2	33-36
ЗЛХ-800	1	37-40
ППЗЛ-650	2	41-46
ЗЛХ-800	2	47-80

На основе представленной в п. 3.5 методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad (3.5.OPYS.xmcd)*, приведенный на рисунке 3.9.

3.5. Организация работ на звеносборочной базе

Зная продолжительность перебазировки базы $t_{пб} := 1$ мес

и продолжительность ремонта оборудования $t_p := 0.5$ мес

определяем время работы звеносборочной базы при ее ежегодной перебазировке по формуле

$$t_{рб} := 12 - t_{пб} - t_p \quad t_{рб} = 10.5 \text{ мес}$$

Учитывая целодневные потери времени за год:

число дней, теряемых по метеорологическим причинам $t_{мп} := 5$ дн

число дней, теряемых по организационным причинам $t_{орг} := 10$ дн

число дней, нахождения оборудования в текущем ремонте и на техническом обслуживании $t_{мо} := 15$ дн

число праздничных и выходных дней в году $t_{пв} := 112$ дн

определяем возможное время на сборку звеньев РШР

$$t_{сб} := t_{рб} \cdot \left(\frac{365 - t_{мп} - t_{орг} - t_{мо} - t_{пв}}{12} \right) \quad t_{сб} = 195 \text{ дн}$$

Протяженность участка линии, сдаваемого ежегодно в эксплуатацию

$$L_{ул} := 100.37 \text{ км/год}$$
Рисунок 3.9 – Исходный текст документа-шаблона *Mathcad 3.5.OPYS.xmcd* (начало)

Коэффициент, учитывающий увеличение объема укладки пути за счет станционных путей

$$\beta_{cm} := 0.3$$

Число звеньев, укладываемых в главные и станционные пути на участке $L_{ул}$

$$N_{зв} := 40 \cdot L_{ул} \cdot (1 + \beta_{cm}) \quad N_{зв} = 5219 \quad \text{шт}$$

Потребная производительность звеносборочной базы $Q_{сб.потр}$

$$Q_{сб.потр} := \text{trunc}\left(\frac{N_{зв}}{t_{сб}}\right) + 1 \quad Q_{сб.потр} = 27 \quad \text{зв/дн}$$

Продолжительность монтажа РШР $t_{мр} := 6.78$ мес

Число рабочих дней в месяце $n_{р\text{дм}} := 20$ дн/мес

Продолжительность монтажа РШР в рабочих днях

$$t_{мр.р\text{д}} := t_{мр} \cdot n_{р\text{дм}} \quad t_{мр.р\text{д}} = 136 \quad \text{дн}$$

Запас звеньев на складе (потребный)

$$P_{скл.потр} := Q_{сб.потр} \cdot (t_{сб} - t_{мр.р\text{д}}) \quad P_{скл.потр} = 1607 \quad \text{шт}$$

Количество звеньев в штабеле $n_{шт} := 14$ шт

Количество рядов штабелей звеньев $n_p := 3$

Длина складских путей, необходимая для размещения потребного запаса звеньев

$$L_{скл.потр} := \left(\text{trunc}\left(\frac{P_{скл.потр}}{n_{шт} \cdot n_p}\right) + 1 \right) \cdot 26 \quad L_{скл.потр} = 1014 \quad \text{м}$$

Имеется ограничение по длине складских путей (задается преподавателем)

$$L_{скл.огр} := 800 \quad \text{м}$$

Ввод данного ограничения приводит к тому, что необходимо пересчитать:
запас звеньев на складе

$$P_{скл.огр} := \text{trunc}\left(\frac{L_{скл.огр}}{26}\right) \cdot n_p \cdot n_{шт} \quad P_{скл.огр} = 1260 \quad \text{шт}$$

продолжительность сборки звеньев

$$t_{сб.огр} := \frac{N_{зв} \cdot t_{мр.р\text{д}}}{N_{зв} - P_{скл.огр}} \quad t_{сб.огр} = 179 \quad \text{дн}$$

производительность звеносборочной базы $Q_{сб.огр}$

$$Q_{сб.огр} := \text{trunc}\left(\frac{N_{зв}}{t_{сб.огр}}\right) + 1 \quad Q_{сб.огр} = 30 \quad \text{зв/дн}$$

Рисунок 3.9 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 3.5.OPYS.xmcd (продолжение)

По известному значению суточной производительности базы, табл. 3.2, подбираем
сборочный агрегат для сборки звеньев: **ЗС-400**
и коэффициент сменности **$K_{CM} := 2$**

Таблица 3.2

Производительность звеносборочных агрегатов

Звеносборочный агрегат	Коэффициент сменности K_{CM}	Суточная производительность $Q_{сб}$, зв/дн
ЗС-400	1	до 16
ППЗЛ-500	1	17-18
ППЗЛ-650	1	19-23
ЗС-400	2	24-32
ППЗЛ-500	2	33-36
ЗЛХ-800	1	37-40
ППЗЛ-650	2	41-46
ЗЛХ-800	2	47-80

Рисунок 3.9 – Исходный текст документа-шаблона *Mathcad 3.5.OPYS.xmcd* (окончание)

4. Организация балластировочных работ

4.1. Исходные данные

Целью данного раздела является определение показателей балластировки пути исходя из рассчитанного ранее темпа лидирующего сборочно-укладочного комплекса работ. В частности, подлежат определению [3]:

- потребный рабочий объем послойной балластировки $npbV_b$ сообразно с основными параметрами плана линии и распределением объема по слоям;
- число вагонов в поезде $n_{вп}$ для доставки балласта каждого этапа балластировки;
- масса балластного поезда m_n , ведомого по строящейся линии типичным локомотивом;
- средние скорости движения балластных поездов $V_{дс}$ по действующей сети;
- средние скорости движения рабочих поездов балластного маршрута V_c , проходящего по действующей сети и строящейся линии;
- время погрузки балластного поезда t_n в песчаном карьере и на щебеночном заводе;
- число балластных поездов n_n , необходимых для доставки балласта от его источников до места выгрузки;

Также требуют оценки вводимые ограничения:

- по числу вагонов в балластном поезде;
- по силе тяги локомотива на руководящем уклоне;
- по наличному числу вагонов $налn_v$ для перевозки балласта.

Вводятся в расчет следующие исходные данные:

- объемные массы песчаного балласта $\gamma_n = 1,55 \div 1,75$ т/м³ (в зависимости от влажности), щебеночного балласта $\gamma_{щ} = 1,6 \div 1,7$ т/м³ (в зависимости от петрографического состава пород);
- масса вагона нетто $m_{вн}$, для хоппер-дозатора $m_{вн}=60$ т, для полувагона $m_{вн}=62,5$ т;
- масса вагона брутто $m_{вб}=85$ т;
- число рабочих дней в месяце $n_{др}=15 \div 23$ дн/мес;
- доля щебня в первом слое по сравнению со вторым $K_{бщл}=0,6$;
- коэффициент потерь балласта и запаса на осадку: $K_{нб}=1,05$;
- коэффициент дополнительного времени на погрузке балласта $K_{дв}=1,2 \div 1,3$;
- руководящий уклон $i_p = 6 \div 12\%$;
- коэффициент увеличения сопротивления движению на строящейся линии $K_{yc}=1,15 \div 1,25$;
- расстояние от станции примыкания до источника балластных материалов: песка L_c^n и щебня $L_c^щ$, км;
- длина строящейся линии L_n , км;
- производительность погрузочного устройства в песчаном карьере $Q_{ny}^n=100$ м³/ч (экскаватор), на щебеночном заводе $Q_{ny}^щ=300$ м³/ч (бункер);

- интервал между отправлением и прибытием балластных поездов на станцию примыкания $t_{юн}=1 \div 3$ ч;
- время ожидания следования поезда $t_{осн}=0,5$ ч;
- удельный вес кривых на строящемся участке $\beta_k=0,3 \div 0,4$;
- наиболее типичные радиусы кривых $R=600 \div 1500$ м;
- возвышение наружного рельса в кривых $h=50 \div 150$ мм.

Расход песчаного и щебеночного балласта на прямых участках пути и в кривых представлен в таблице 4.1. Причем в ячейке по щебню: верхнее число соответствует объему щебня под шпалой $npbV_{бщ}$, нижнее – объему щебня в шпальных ящиках $npbV_{бщя}$. Запас на неточность в пределах установленных норм планировки основной площадки земляного

полотна учитывается: для песка коэффициентом $K_{ппп}=1,12 \div 1,15$; для щебня учитывается добавкой $\Delta V_{щ}=40 \div 50 \text{ м}^3/\text{км}$.

Таблица 4.1 – Покилометровый профильный объем балластных материалов, $\text{м}^3/\text{км}$

План линии, число шпал на 1 км	Возвы- шение, мм	Тип рельса					
		P50		P65		P75	
		щебень	песок	щебень	песок	щебень	песок
Прямая, 1840	0	1132 327	961	1417 357	1047	1729 387	1135
Кривая (R=600-1000 м), 2000	50	1187 311	973	1478 341	1060	1797 371	1147
	100	1257 311	993	1555 341	1080	1881 371	1167
	150	1337 311	1014	1644 341	1102	1978 371	1167
Кривая (R=1200- 1500 м), 1840	50	1187 327	973	1478 357	1060	1797 387	1147
	100	1257 327	993	1555 357	1080	1881 381	1167
	150	1337 327	1014	1644 357	1102	1978 327	1014

Несмотря на то, что [9] существенно сократил область применения двухслойного балласта (песок, щебень) в пользу однослойного (щебень), но все же оставил возможность использования двухслойного балласта для некоторых категорий строящихся линий. В связи с этим автор посчитал необходимым с целью более полного охвата вариантов проектирования оставить в расчетах балластировку на песок. В случае отсыпки только щебеночного балласта достаточно либо удалить из исходного документа-шаблона *Mathcad* ту часть расчетов, которая относится к отсыпке песчаного балласта, либо обнулить объемы данного вида работ.

4.2. Последовательность расчетов

Покилометровый рабочий объем балластных материалов [3]:
песчаной подушки

$$npV_{\delta n} = K_{ппп} \cdot (\beta_k \cdot npV_{\delta n, k} + (1 - \beta_k) \cdot npV_{\delta n, n}),$$

где $npV_{\delta n, k}$, $npV_{\delta n, n}$ - покилометровый объем песчаного балласта в кривых и прямых участках пути соответственно, см. таблицу 4.1;

щебня первого слоя

$$npV_{\delta \omega 1} = K_{\delta \omega 1} \cdot (\beta_k \cdot npV_{\delta \omega 1, k} + (1 - \beta_k) \cdot npV_{\delta \omega 1, n}) + \Delta V_{щ},$$

где $npV_{\delta \omega 1, k}$, $npV_{\delta \omega 1, n}$ - покилометровый объем щебеночного балласта под шпалой в кривых и прямых участках пути соответственно, см. таблицу 4.1;

щебня второго слоя

$$npV_{\delta \omega 2} = (1 - K_{\delta \omega 1}) \cdot (\beta_k \cdot npV_{\delta \omega 2, k} + (1 - \beta_k) \cdot npV_{\delta \omega 2, n}) +$$

$$+ (\beta_k \cdot npV_{\delta \omega 2, k} + (1 - \beta_k) \cdot npV_{\delta \omega 2, n}),$$

где $npV_{\delta \omega 2, k}$, $npV_{\delta \omega 2, n}$ - покилометровый объем щебеночного балласта в шпальных ящиках в кривых и прямых участках пути соответственно, см. таблицу 4.1.

Удельное время балластировки на песок

$$\tau_{\delta n} = \frac{t_{мс. \delta n} - t_{\delta n}^{np}}{L_{ул}},$$

где $t_{мс. \delta n}$ - продолжительность теплого сезона для балластировки песком, мес;

$t_{\delta n}^{np}$ - время на разворот работ, мес;

Удельное время балластировки на первый и второй слой щебня принимаем из условия формирования ритмичного потока данного комплекса работ

$$\tau_{\delta u1} = \tau_{\delta u2} = \tau_{\delta n}.$$

Количество вагонов в поездах с песком, щебнем 1-го и 2-го слоя определяем по формулам

$$n_{\delta n}^n = \left[\frac{n_p V_{\delta n} \cdot \gamma_n \cdot K_{nb}}{n_{\delta p} \cdot m_{\delta n} \cdot \tau_{\delta n}} \right],$$

$$n_{\delta n}^{u1} = \left[\frac{n_p V_{\delta u1} \cdot \gamma_{u1} \cdot K_{nb}}{n_{\delta p} \cdot m_{\delta n} \cdot \tau_{\delta u1}} \right],$$

$$n_{\delta n}^{u2} = \left[\frac{n_p V_{\delta u2} \cdot \gamma_{u2} \cdot K_{nb}}{n_{\delta p} \cdot m_{\delta n} \cdot \tau_{\delta u2}} \right].$$

Напоминаем, что знак $\lceil \dots \rceil$ означает округление полученного результата до целого в большую сторону, $\lfloor \dots \rfloor$ – в меньшую сторону.

Масса поезда при тяге одной секцией тепловоза ТЭ-3

$$m_n = \frac{20200 + (2,23 \cdot K_{yc} + i_p) \cdot 127}{0,988 \cdot K_{yc} + i_p}.$$

Допускаемое по силе тяги тепловоза число вагонов в рабочем поезде

$$n_{\delta n} = \left[\frac{m_n}{m_{\delta b}} \right]$$

следует сравнить с рассчитанными ранее величинами $n_{\delta n}^n$, $n_{\delta n}^{u1}$, $n_{\delta n}^{u2}$. Если $n_{\delta n}$ превышает эти величины, необходимо зафиксировать в курсовом или дипломном проекте факт отсутствия ограничения по силе тяги локомотива, в противном случае возникает ограничение по тяге, требующее удвоения секций тепловоза. С другой стороны, при $n_{\delta n} > 2 \cdot n_{\delta n}^{n,u1,u2}$ возможно применение сдвоенных составов и завоза балласта через день.

Длина балластного маршрута по завозу песка и щебня

$$L_{mb}^n = L_c^n + L_n,$$

$$L_{mb}^u = L_c^u + L_n.$$

Средняя скорость балластных поездов с песком при движении по линиям действующей сети

$$v_{\delta c}^n = 0,01 \cdot L_c^n + 2,36 \cdot \ln L_c^n - 4,93.$$

Средняя скорость балластных поездов со щебнем при движении по линиям действующей сети

$$v_{\delta c}^u = 0,713 \cdot L_c^{u,0,483}.$$

Средняя скорость движения балластного поезда по строящейся линии принимается равной v_2 - средней скорости движения звеновозного поезда по забалластированному пути.

Средняя скорость движения балластных поездов по действующей сети и строящейся линии

$$v_c^n = \frac{L_{mb}^n}{\frac{L_c^n}{v_{\delta c}^n} + \frac{L_n}{v_2} + t_{ocn}},$$

$$v_c^{uc} = \frac{L_{мб}^{uc}}{\frac{L_c^{uc}}{v_{dc}^{uc}} + \frac{L_l}{v_2} + t_{очн}}$$

Время погрузки балластного поезда с песком в карьере

$$t_n^n = \frac{n_{ен}^n \cdot m_{ен} \cdot K_{дв}}{\gamma_n \cdot Q_{ny}^n}$$

Время погрузки балластных поездов со щебнем 1-го и 2-го слоя на щебеночном заводе

$$t_n^{uc1} = \frac{n_{ен}^{uc1} \cdot m_{ен} \cdot K_{дв}}{\gamma_{uc} \cdot Q_{ny}^{uc1}},$$

$$t_n^{uc2} = \frac{n_{ен}^{uc2} \cdot m_{ен} \cdot K_{дв}}{\gamma_{uc} \cdot Q_{ny}^{uc2}}.$$

Количество рабочих поездов, необходимых для доставки балласта

$$n_n^n = \left\lceil \frac{1}{24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_{мб}^n}{v_c^n} + t_n^n - t_{уон} \right) \right\rceil,$$

$$n_n^{uc1} = \left\lceil \frac{1}{24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_{мб}^{uc1}}{v_c^{uc1}} + t_n^{uc1} - t_{уон} \right) \right\rceil,$$

$$n_n^{uc2} = \left\lceil \frac{1}{24} \cdot \left(\frac{2 \cdot L_{мб}^{uc2}}{v_c^{uc2}} + t_n^{uc2} - t_{уон} \right) \right\rceil.$$

Суммарное потребное количество вагонов для балластировки

$$n_{отр}^{нв} = n_n^n \cdot n_{ен}^n + n_n^{uc1} \cdot n_{ен}^{uc1} + n_n^{uc2} \cdot n_{ен}^{uc2}.$$

Далее следует проверка ограничения по наличному числу вагонов $n_{нал}^{нв}$, задаваемого преподавателем

$$n_{отр}^{нв} \leq n_{нал}^{нв}.$$

Если условие не выполняется, необходимо, по согласованию с преподавателем, изменить численные значения ряда исходных параметров данного раздела и выполнять расчет заново до тех пор, пока наличное количество вагонов не будет превышать потребное.

На основе представленной в данном разделе методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad* (**4.OPYS.xmcd**), приведенный на рисунке 4.1.

4. ОРГАНИЗАЦИЯ БАЛЛАСТИРОВОЧНЫХ РАБОТ		
4.1. Исходные данные		
Объемная масса песчаного балласта	$\gamma_p := 1.55$	т/куб.м
Объемная масса щебеночного балласта	$\gamma_{щ} := 1.65$	т/куб.м
Масса вагона нетто	$m_{вн} := 60$	т
Масса вагона брутто	$m_{вб} := 85$	т
Число рабочих дней в месяце	$n_{др} := 21$	дн/мес

Рисунок 4.1 – Исходный текст документа-шаблона *Mathcad* **4.OPYS.xmcd** (начало)

Число рабочих дней в месяце	$n_{ор} := 21$	дн/мес
Удельное время балластировки на песок	$\tau_{бп} := 0.06277$	мес/км
Удельное время балластировки на 1-й слой щебня	$\tau_{бщ1} := \tau_{бп}$	мес/км
Удельное время балластировки на 2-й слой щебня	$\tau_{бщ2} := \tau_{бп}$	мес/км
Доля щебня в первом слое по сравнению со вторым	$K_{бщ1} := 0.6$	
Коэффициент потерь балласта и запаса на осадку	$K_{пб} := 1.05$	
Коэффициент дополнительного времени на погрузке балласта	$K_{дв} := 1.2$	
Продолжительность теплого сезона для балластировки на песок	$t_{мс.бп} := 7.10$	мес
Время нахождения в работе сечения пути при балластировке песком	$t_{нр.бп} := 0.8$	мес
Руководящий уклон	$i_p := 6$	о/оо
Коэффициент увеличения сопротивления движению на строящейся линии	$K_{ус} := 1.2$	
Длина строящейся линии	$L_n := 600$	км
Расстояние от станции примыкания до песчаного карьера	$L_{с.п} := 200$	км
Расстояние от станции примыкания до щебеночного завода	$L_{с.щ} := 450$	км
Производительность погрузочного устройства на песчаном карьере (экскаватор)	$Q_{пу.п} := 100$	куб.м/ч
Производительность погрузочного устройства на щебеночном заводе (бункер)	$Q_{пу.щ} := 300$	куб.м/ч
Интервал между отправлением и прибытием балластных поездов на станцию примыкания	$t_{уоп} := 1$	ч
Время ожидания следования поезда	$t_{осп} := 0.5$	ч
Скорость движения рабочего поезда при движении по участкам забалластированным на щебень	$v_2 := 24$	км/ч
Удельный вес кривых на строящемся участке	$\beta_K := 0.3$	
Наиболее типичные радиусы кривых	$R := 1000$	м
Возвышение наружного рельса в кривых	$h := 100$	мм

Рисунок 4.1 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad **4.OPYS.xmcd** (продолжение)

Таблица 4.1

Покилометровый объем балластных материалов, м³/км

План линии, число шпал на 1 км	Возвы- шение, мм	Тип рельса					
		P50		P65		P75	
		щебень	песок	щебень	песок	щебень	песок
Прямая, 1840	0	1132 327	961	1417 357	1047	1729 387	1135
Кривая (R=600-1000 м), 2000	50	1187 311	973	1478 341	1060	1797 371	1147
	100	1257 311	993	1555 341	1080	1881 371	1167
	150	1337 311	1014	1644 341	1102	1978 371	1167
Кривая (R=1200- 1500 м), 1840	50	1187 327	973	1478 357	1060	1797 387	1147
	100	1257 327	993	1555 357	1080	1881 381	1167
	150	1337 327	1014	1644 357	1102	1978 327	1014

По вышеприведенной таблице определяем:

покилометровый объем песчаного балласта в кривых участках пути

$$V_{\text{бп.к}} := 1080 \quad \text{куб.м/км}$$

покилометровый объем песчаного балласта в прямых участках пути

$$V_{\text{бп.п}} := 1047 \quad \text{куб.м/км}$$

покилометровый объем щебеночного балласта под шпалой в кривых участках пути

$$V_{\text{бщ.к}} := 1555 \quad \text{куб.м/км}$$

покилометровый объем щебеночного балласта под шпалой в прямых участках пути

$$V_{\text{бщ.п}} := 1417 \quad \text{куб.м/км}$$

покилометровый объем щебеночного балласта в шпальных ящиках в кривых участках пути

$$V_{\text{бшя.к}} := 341 \quad \text{куб.м/км}$$

покилометровый объем щебеночного балласта в шпальных ящиках в прямых участках пути

$$V_{\text{бшя.п}} := 357 \quad \text{куб.м/км}$$

Запас на неточность в пределах установленных норм планировки основной площадки пути учитывается:

$$\text{для песка} \quad K_{\text{нпп}} := 1.12$$

$$\text{для щебня} \quad V_{\Delta\text{щ}} := 40 \quad \text{куб.м/км}$$

4.2. Последовательность расчетов

Покилометровый рабочий объем балластировки на песок

$$V_{\text{пр.бп}} := K_{\text{нпп}} \cdot [\beta_{\text{к}} \cdot V_{\text{бп.к}} + (1 - \beta_{\text{к}}) \cdot V_{\text{бп.п}}] \quad V_{\text{пр.бп}} = 1184 \quad \text{куб.м/км}$$

Покилометровый рабочий объем балластировки на 1-й слой щебня

$$V_{\text{пр.бщ1}} := K_{\text{бщ1}} \cdot [\beta_{\text{к}} \cdot V_{\text{бщ.к}} + (1 - \beta_{\text{к}}) \cdot V_{\text{бщ.п}}] + V_{\Delta\text{щ}}$$

$$V_{\text{пр.бщ1}} = 915 \quad \text{куб.м/км}$$

Рисунок 4.1 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 4.OPYS.xmcd (продолжение)

Покилометровый рабочий объем балластировки на 2-й слой щебня

$$V_{пр.бщ2} := (1 - K_{бщ1}) \cdot [\beta_k \cdot V_{бщ.к} + (1 - \beta_k) \cdot V_{бщ.п}] + [\beta_k \cdot V_{бщ.к} + (1 - \beta_k) \cdot V_{бщ.п}]$$

$$V_{пр.бщ2} = 936 \quad \text{куб.м/км}$$

Количество вагонов в поезде с песком

$$n_{вп.п} := \frac{V_{пр.бп} \cdot \gamma_p \cdot K_{пб}}{n_{др} \cdot m_{вн} \cdot \tau_{бп}}$$

$$n_{вп.п} = 24.36 \quad \text{округляем} \quad n_{вп.п} := 25$$

Количество вагонов в поезде с щебнем (1 слой)

$$n_{вп.щ1} := \frac{V_{пр.бщ1} \cdot \gamma_{щ} \cdot K_{пб}}{n_{др} \cdot m_{вн} \cdot \tau_{бщ1}}$$

$$n_{вп.щ1} = 20.04 \quad \text{округляем} \quad n_{вп.щ1} := 20$$

Количество вагонов в поезде с щебнем (2 слой)

$$n_{вп.щ2} := \frac{V_{пр.бщ2} \cdot \gamma_{щ} \cdot K_{пб}}{n_{др} \cdot m_{вн} \cdot \tau_{бщ2}}$$

$$n_{вп.щ2} = 20.49 \quad \text{округляем} \quad n_{вп.щ2} := 21$$

Масса поезда при тяге одной секцией тепловоза ТЭ-3

$$m_{п} := \frac{20200 + (2.23 \cdot K_{ус} + i_p) \cdot 127}{0.988 \cdot K_{ус} + i_p}$$

$$m_{п} = 2965 \quad \text{т}$$

Допускаемое число вагонов в поезде по силе тяги локомотива

$$n_{вп.доп} := \frac{m_{п}}{m_{вб}}$$

$$n_{вп.доп} = 34.88 \quad \text{округляем} \quad n_{вп.доп} := 34$$

Вывод: ограничений по силе тяги локомотива нет

Протяженность балластного маршрута с песком

$$L_{мб.п} := L_{с.п} + L_{л}$$

$$L_{мб.п} = 800 \quad \text{км}$$

Протяженность балластного маршрута с щебнем

$$L_{мб.щ} := L_{с.щ} + L_{л}$$

$$L_{мб.щ} = 1050 \quad \text{км}$$

Средняя скорость балластного поезда с песком при движении по линиям действующей сети

$$v_{дс.п} := 0.01 \cdot L_{с.п} + 2.36 \cdot \ln(L_{с.п}) - 4.93$$

$$v_{дс.п} = 9.57 \quad \text{км/ч}$$

Средняя скорость балластного поезда с щебнем при движении по линиям действующей сети

$$v_{дс.щ} := 0.713 \cdot L_{с.щ}^{0.483}$$

$$v_{дс.щ} = 13.63 \quad \text{км/ч}$$

Средняя скорость балластного поезда с песком при движении по линиям действующей сети и строящейся линии

$$v_{с.п} := \frac{L_{мб.п}}{\frac{L_{с.п}}{v_{дс.п}} + \frac{L_{л}}{v_2} + t_{осп}}$$

$$v_{с.п} = 17.25 \quad \text{км/ч}$$

Рисунок 4.1 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 4.OPYS.xmcd (продолжение)

Средняя скорость балластного поезда с щебнем при движении по линиям действующей сети и строящейся линии

$$v_{с.щ} := \frac{L_{мб.щ}}{\frac{L_{с.щ}}{v_{дс.щ}} + \frac{L_{л}}{v_2} + t_{осп}} \quad v_{с.щ} = 17.95 \quad \text{км/ч}$$

Время погрузки поезда с песком в карьере

$$t_{п.п} := \frac{n_{вп.п} \cdot m_{вн} \cdot K_{дв}}{\gamma_{п} \cdot Q_{пу.п}} \quad t_{п.п} = 11.61 \quad \text{ч}$$

Время погрузки поезда с щебнем (1 слой) на щебеночном заводе

$$t_{п.щ1} := \frac{n_{вп.щ1} \cdot m_{вн} \cdot K_{дв}}{\gamma_{щ} \cdot Q_{пу.щ}} \quad t_{п.щ1} = 2.91 \quad \text{ч}$$

Время погрузки поезда с щебнем (2 слой) на щебеночном заводе

$$t_{п.щ2} := \frac{n_{вп.щ2} \cdot m_{вн} \cdot K_{дв}}{\gamma_{щ} \cdot Q_{пу.щ}} \quad t_{п.щ2} = 3.05 \quad \text{ч}$$

Число рабочих поездов с песком

$$n_{п.п} := \frac{\left(\frac{2 \cdot L_{мб.п}}{v_{с.п}} + t_{п.п} - t_{уоп} \right)}{24} \quad n_{п.п} = 4.31 \quad \text{округляем} \quad n_{п.п} := 5$$

Число рабочих поездов с щебнем (1 слой)

$$n_{п.щ1} := \frac{\left(\frac{2 \cdot L_{мб.щ}}{v_{с.щ}} + t_{п.щ1} - t_{уоп} \right)}{24} \quad n_{п.щ1} = 4.96 \quad \text{округляем} \quad n_{п.щ1} := 5$$

Число рабочих поездов с щебнем (2 слой)

$$n_{п.щ2} := \frac{\left(\frac{2 \cdot L_{мб.щ}}{v_{с.щ}} + t_{п.щ2} - t_{уоп} \right)}{24} \quad n_{п.щ2} = 4.96 \quad \text{округляем} \quad n_{п.щ2} := 5$$

Суммарное потребное количество вагонов для балластировки

$$n_{в.потр} := n_{п.п} \cdot n_{вп.п} + n_{п.щ1} \cdot n_{вп.щ1} + n_{п.щ2} \cdot n_{вп.щ2} \quad n_{в.потр} = 330$$

Рассчитанное потребное количество вагонов для балластировки $n_{в.потр}$ необходимо сравнить с наличным числом вагонов $n_{в.нал}$ (задается преподавателем)

$$n_{в.нал} := 350$$

Вывод: $n_{в.потр}$ не превышает $n_{в.нал}$ следовательно отсутствует ограничение по наличному числу вагонов.

(В случае если $n_{в.потр}$ превышает $n_{в.нал}$ необходимо делать пересчет данного раздела, изменив, по согласованию с преподавателем, численные значения ряда исходных параметров).

Рисунок 4.1 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 4.OPYS.xmcd (окончание)

5. Организация работ по сооружению земляного полотна

Завершение отсыпки земляного полотна создает условия для укладки рельсошпальной решетки, которая является ключевой стадией при строительстве железной дороги. Организация земляных работ должна в первую очередь удовлетворять условиям и ограничениям, исходящим из организационных решений, выработанных на этапе расчета характеристик сборочно-укладочного комплекса. Связь между земляными работами и работами по укладке рельсо-шпальной решетки осуществляется через следующие параметры: удельное время монтажа рельсо-шпальной решетки τ_m , дату начала монтажа $D_{н.мр}$ и ограничения накладываемого на величину опережения земляными работами укладки пути [4].

При наличии информации о рабочем объеме земляных работ на участке строящейся линии, а также ряда дополнительных параметров, можно выполнить, пользуясь нижеприведенным алгоритмом, имитацию производства работ по сооружению земляного полотна и выявить основные производственные показатели подсистемы земляных работ (потребное количество подразделений, их вооруженность, длина рабочего участка работ мехколонны и т.п.).

5.1. Исходные данные

Объем разработки грунта карьеров $200 \div 250$ тыс.м³. Протяженность насыпи, отсыпаемой из одного карьера – $4 \div 5$ км. Толщина рабочего слоя $3 \div 4$ м. Толщина плодородного слоя, который надо снять – $0,15 \div 0,75$ м [3].

Коэффициент эффективности организации земляных работ $K_3 = -0,15$.

Удельное время разворачивания и сворачивания земляных работ зависит от объема земляных работ и оснащенности подразделений необходимой техникой $\tau_p = \tau_c = 0,015 \div 0,030$ мес/км [4].

Отношение по километровому рабочему объема к профильному $\alpha = 0,8 \div 0,9$.

Срок передислокации подразделений на новый участок $t_{нд}$ зависит от условий передислокации, определяемых климатическими факторами, вооруженностью передислоцируемого подразделения. К расчету можно принимать значения от 0,7 до 3,0 мес. Наиболее вероятным является значение $t_{нд} = 1$ мес.

Длина участка линии, сдаваемого ежегодно в эксплуатацию $L_{ул}$, берется из расчета п. 3.2.

Продолжительность рабочей смены $t_{см} = 8$ ч.

Коэффициент сменности $K_{см} = 2$.

Коэффициент, учитывающий внутрисменные потери времени $K_{вс} = 0,7 \div 0,85$ [4].

Коэффициент, учитывающий целодневные потери $K_{цон} = 0,32$.

Часовая производительность землеройных машин на единицу вооруженности $Q_{кк} = 70$ м³/ч·к-ковш.

Число календарных дней, затраченных на перебазировки машин с объекта на объект, приходящихся на один час работы машин: $K_1 = 0,01$ дн/ч для экскаватора, $K_1 = 0,0017$ дн/ч для скрепера.

Число рабочих дней, затраченных на техническое обслуживание и ремонты машин, приходящихся на один час работы машин: $K_2 = 0,02$ дн/ч для экскаватора, $K_1 = 0,012$ дн/ч для скрепера.

Удельный вес земляных работ, выполняемых определенной ведущей машиной (экскаватор) $\delta_{эк} = 1,0$.

5.2. Последовательность расчетов

Покилометровый профильный объем определяется как величина средневзвешенная по формуле

$$V_{nn} = \frac{\sum_{i=1}^n (V_{nni} \cdot L_i)}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

V_{nni} - покилометровые профильные объемы на участках протяженностью L_i [3], тыс.м³/км.

Для определения годовой выработки подразделения (тыс.м³/год), оптимальной при данных условиях и требуемом уровне эффективности, используем формулу

$$V_M = \frac{B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A},$$

где A, B, C - коэффициенты в квадратном уравнении

$$A = K_9 \left(\frac{\tau_p + \tau_c}{2} \right)^2 + \left(\frac{\tau_p + \tau_c}{2} \right),$$

$$B = (12 - t_{но}) \cdot (\tau_p + \tau_c) \cdot \alpha \cdot V_{nn} \cdot K_9,$$

$$C = (\alpha \cdot V_{nn})^2 \cdot (12 - t_{но})^2 \cdot K_9.$$

Длина рабочего участка подразделения, ведущего земляные работы

$$L_M = \frac{V_M}{(\alpha \cdot V_{nn})}.$$

Потребное число подразделений, занятых земляными работами на участке длиной $L_{ул}$, определяется по формуле

$$n_M = \frac{L_{ул}}{L_M}.$$

После округления до целого числа подразделений n'_M следует откорректировать длину участка и годовую выработку

$$L'_M = \frac{L_{ул}}{n'_M},$$

$$V'_M = \alpha \cdot V_{nn} \cdot L'_M.$$

Годовая выработка на единицу вооруженности подразделения (тыс.м³/(год·к-ковш))

$$V_{KK} = \frac{365 \cdot t_{cm} \cdot K_{cm} \cdot (1 - K_{цон}) \cdot K_{вс} \cdot Q_{KK} \cdot 10^{-3}}{(1 + t_{cm} \cdot K_{cm} \cdot (k_1 + k_2))}.$$

Потребная вооруженность подразделения - мехколонны

$$n_{KK} = \frac{V'_M}{(V_{KK} \cdot \delta_{ЭК})}.$$

Общая потребная вооруженность на участке $L_{ул}$

$$N_{KK} = n_{KK} \cdot n'_M.$$

На основе представленной в данном разделе методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad* (5.OPYS.xmcd), приведенный на рисунке 5.1.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

5.1. Исходные данные

Коэффициент эффективности организации земляных работ	$K_э := -0.15$
Удельное время разворачивание и сворачивания земляных работ	$\tau_p := 0.02$ мес/км
	$\tau_c := \tau_p$
Отношение километрового рабочего объема к профильному	$\alpha := 0.91$
Километровый профильный объем	
$V_{пп} := \frac{18 \cdot 210 + 54 \cdot 150 + 42 \cdot 45 + 23 \cdot 65 + 33 \cdot 100}{210 + 150 + 45 + 65 + 100}$	$V_{пп} = 32.57$ тыс.м ³ /км
Срок передислокации подразделений	$t_{пд} := 1$ мес
Длина участка линии, сдаваемая в эксплуатацию	$L_{ул} := 93.21$ км/год
Продолжительность рабочей смены	$t_{см} := 8$ ч
Коэффициент сменности	$K_{см} := 2$
Коэффициент, учитывающий внутрисменные потери времени	$K_{вс} := 0.7$
Коэффициент, учитывающий целодневные потери	$K_{цдп} := 0.32$
Часовая производительность землеройных машин на единицу вооруженности	$Q_{кк} := 70$ м ³ /час*к-ковш
Число календарных дней, затраченных на перебазировку машин с объекта на объект, приходящихся на 1 час работы машины	$K_1 := 0.01$ дн/час
Число рабочих дней, затраченных на ремонт машин, приходящихся на 1 час работы машины	$K_2 := 0.02$ дн/час
Удельный вес земляных работ, выполняемых определенной ведущей машиной (экскаватором)	$\delta_{эк} := 1.0$

5.2. Последовательность расчетов

Коэффициенты в квадратном уравнении

$$A := K_э \cdot \left(\frac{\tau_p + \tau_c}{2} \right)^2 + \left(\frac{\tau_p + \tau_c}{2} \right) \quad A = 0.02$$

$$B := (12 - t_{пд}) \cdot (\tau_p + \tau_c) \cdot \alpha \cdot V_{пп} \cdot K_э \quad B = -1.956$$

$$C := (\alpha \cdot V_{пп})^2 \cdot (12 - t_{пд})^2 \cdot K_э \quad C = -1.594 \times 10^4$$

Рисунок 5.1 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 5.OPYS.xmcd (начало)

Годовая выработка подразделения

$$V_M := \frac{B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \quad V_M = 846.498 \quad \text{тыс. м}^3/\text{год}$$

Длина рабочего участка подразделения, ведущего земляные работы

$$L_M := \frac{V_M}{(\alpha \cdot V_{пп})} \quad L_M = 28.56 \quad \text{км}$$

Потребное число подразделений, занятых земляными работами на участке длиной $L_{ул}$

$$n_M := \frac{L_{ул}}{L_M} \quad n_M = 3.264 \quad \text{округляем} \quad n'_M := 3$$

Откорректированная длина участка и годовая выработка

$$L'_M := \frac{L_{ул}}{n'_M} \quad L'_M = 31.07 \quad \text{км}$$

$$V'_M := \alpha \cdot V_{пп} \cdot L'_M \quad V'_M = 920.879 \quad \text{тыс. м}^3/\text{год}$$

Годовая выработка на единицу вооруженности подразделения

$$V_{KK} := \frac{365 \cdot t_{см} \cdot K_{см} \cdot (1 - K_{цдп}) \cdot K_{вс} \cdot Q_{KK} \cdot 10^{-3}}{[1 + t_{см} \cdot K_{см} \cdot (K_1 + K_2)]} \quad V_{KK} = 131.479 \quad \text{тыс. м}^3/\text{год} \cdot \text{к-ковш}$$

Потребная вооруженность подразделения

$$n_{KK} := \frac{V'_M}{(V_{KK} \cdot \delta_{ЭК})} \quad n_{KK} = 7.004 \quad \text{округляем} \quad n_{KK} := 7 \quad \text{к-ковш}$$

Общая потребная вооруженность на участке $L_{ул}$

$$N_{KK} := n_{KK} \cdot n'_M \quad N_{KK} = 21 \quad \text{к-ковш}$$

Рисунок 5.1 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 5.OPYS.xmcd (окончание)

6. Организация работ по строительству водопропускных сооружений

Водопропускные трубы и мосты, представлявшие собой элементы нижнего строения железнодорожного пути, должны быть завершены строительством вместе с земляным полотном, чтобы обеспечить возможность непрерывной укладки пути на участке для открытия рабочего движения поездов. Водопропускные трубы необходимо построить до начала отсыпки земляного полотна в соответствующем месте линии, чтобы машинные комплекты механизированных колонн имели возможность беспрепятственного выполнения своих функций. То же справедливо по отношению к малым мостам с пролетными строениями, установку которых предполагается производить с поля, или, по крайней мере, к строительству устоев мостов, которые должны быть отсыпаны дренирующим грунтом в сопряжении с основной частью предмостовых насыпей [5].

В комплексе работ железнодорожного строительства на возведение труб и малых мостов остается ограниченное время. Поэтому бывает необходимо частичное совмещение их сооружения с возведением земляного полотна. В конкретных условиях возможность такого совмещения вытекает из рассмотрения графиков хода работ. Предварительно можно исходить из совмещения на срок разработки типичной выемки. Это ориентировочно определяет время окончания строительства труб и малых мостов. Время начала связано с возможностями транспортного обеспечения рассредоточенных по линии объектов. Ввод в действие притрассовой автодороги определяет нижнюю границу разворота крупных площадочных работ, в том числе и строительства средних, а также отдельных больших мостов. Поставка материалов и конструкций к трубам и малым мостам обычно сопряжена с небольшим числом рейсов каждого из группы обслуживающих транспортных средств. Поэтому, наряду с использованием готовых участков притрассовой дороги, целесообразна организация движения по дополняющим недостроенные участки временным путям, для создания которых используется благоприятная ситуация зимнего времени года. Следовательно, началом подготовительных и транспортных работ должно быть время наступления устойчивых морозов, а началом строительства - момент окончания завоза материалов и конструкций на объекты первой очереди, который определяется затратами времени на подготовительные и транспортные работы.

При наличии подобной информации знание типов, количества, расположения и ряда параметров водопропускных сооружений достаточно для того, чтобы решить вопросы выбора рационального способа организации строительства труб и мостов, количества подразделений, необходимых для выполнения работ, их временной режим, а также резервы времени для выполнения прочих работ до момента передислокации на другой участок железной дороги в соответствии с общим циклическим графиком строительства по годам.

Таким образом, для труб, малых мостов, а также средних и больших мостов, срок строительства которых не превышает интервала между завершением строительства автодороги и временем монтажа рельсошпальной решетки, общий календарный период производства работ оказывается известным.

6.1. Строительство больших мостов

Срок строительства больших мостов может быть установлен по эмпирической формуле [2]

$$t_{смб} = K_{yc} \cdot (10 + 0,02 \cdot (L_{мб} - 100)) ,$$

где $L_{мб}$ - длина моста, м [3].

K_{yc} - коэффициент условий строительства; в обычной ситуации при бесперебойном транспортном обеспечении $K_{yc}=1,0 \div 1,1$; при благоприятных местных условиях, хорошо

освоенных способах работ, но значительной удаленности объекта от баз снабжения $K_{yc}=1,25$; для средних условий строительства $K_{yc}=1,53$; в сложных местных условиях, при суровом климате, недостаточно освоенных способах производства $K_{yc}=2,0$; при затруднительных (к тому же) условиях внешних поставок $K_{yc}=2,5$ [10].

Результаты соответствующего расчета с применением документа-шаблона *Mathcad*, фрагмент которого приведен на рисунке 6.1, необходимо вставить в текст пояснительной записки курсового проекта в виде таблицы 6.1.

Окончательное решение о необходимом количестве подразделений и методе ведения работ (последовательный, параллельный, раздельно-последовательный) данного комплекса, принимается при проектировании календарного графика организации строительства и фиксируется в тексте пояснительной записки курсового проекта.

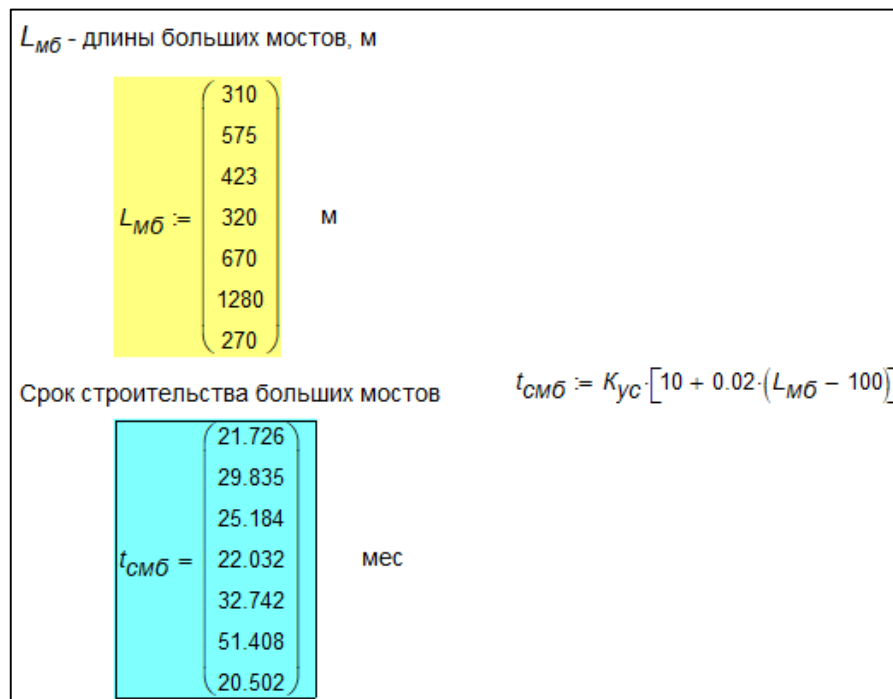


Рисунок 6.1 – Фрагмент текста документа-шаблона *Mathcad 6.OPYS.xmcd*

Таблица 6.1 – Расчёт сроков строительства больших мостов

Привязка, км	Длина моста L_{mb} , м	Срок строительства моста t_{smb} , мес
участок Г-А		
30 км	310	21,73
130 км	575	29,84
228 км	423	25,18
участок А-В		
76 км	320	22,03
128 км	670	32,74
175 км	1280	51,41
231 км	270	20,50

6.2. Строительство водопропускных труб

К малым водопропускным сооружениям относят: трубы, малые мосты (длиной до 25м), фильтрующие насыпи, лотки и другие объекты для пропуска воды через земляное полотно.

Доля их колеблется от 4 до 20 % в общей сметной стоимости строительства железной дороги. Стоимость сооружений зависит от вида рельефа, района строительства, долины рек [3].

Массовым типом водопропускных сооружений являются трубы, составляющие 30% их общего количества. Постройку ведут подразделения генподрядных организаций. Используется в основном поточный метод. Должна быть подготовлена территория строительства, построена приграссовая автодорога, организована связь. После полного завершения строительства водопропускных сооружений можно приступать к отсыпке земляного полотна. Продолжительность постройки определяет проект организации строительства.

6.2.1. Исходные данные

Время начала проведения земляных работ $t_{нзр}=3,7$ мес.

Число дней, теряемых по метеорологическим причинам $n_{mn}=20$ дней.

Удельный вес круглых труб на участке $L_{ул}$ $\alpha_{кр}=0,6$.

Удельный вес выемок на участке $L_{ул}$ $\beta_в=0,3$.

6.2.2. Последовательность расчетов

Общий объем насыпи (тыс.м³) на участке $L_{ул}$ [3]

$$V_n = \frac{\alpha \cdot V_{nn} \cdot L_{ул}}{(1 + \beta_в)}$$

Общий объем выемок на участке $L_{ул}$

$$V_в = V_n \cdot \beta_в$$

Среднемесячная выработка механизированной колонны (тыс.м³/мес)

$$V'_{nm} = \frac{V'_m}{12}$$

Срок отработки выемок (мес) на участке первой мехколонной

$$t'_{зр} = \frac{0,8 \cdot V_в}{(n'_m \cdot V'_{nm})}$$

Срок отработки выемок на участке последней мехколонной

$$t''_{зр} = t'_{зр} + (n'_m - 1) \cdot \tau_{но} \cdot L'_m,$$

$$\tau_{но} = \frac{t_{но}}{(L'_m \cdot (n'_m - 1))}$$

Общий срок строительства труб (ч) на участке $L_{ул}$

$$t_{ом} = ((\alpha_{кр} \cdot a_{кр} + (1 - \alpha_{кр}) \cdot a_{нр}) \cdot V_{nn} \cdot L_{ул},$$

где $a_{кр}=2,56$ и $a_{нр}=4,46$ - количество часов, необходимых для сооружения соответственно круглой и прямоугольной трубы.

Число труб на участке $L_{ул}$

$$n_m = \lceil 4,081 \cdot (\alpha \cdot V_{nn})^{0,726} \rceil$$

Средний срок строительства одной трубы

$$t_o = \frac{t_{ом}}{n_m}$$

Общая продолжительность (дн) возможного периода строительства труб одним подразделением

$$t_{см} = (t_{нзр} + t'_{зр}) \cdot 30,5$$

Удельный вес потерь по метеоусловиям

$$\delta_{mn} = \frac{n_{mn}}{t_{cm}}$$

Число перебазировок на 1 час работы бригады на объекте

$$n_{nб} = \frac{1}{t_o}$$

Число рабочих часов в календарный день

$$t_{pд} = \frac{1 - \delta_{mn} - \delta_{nб}}{1/(t_{cm} K_{cm}) + n_{nб}}$$

Средний срок строительства трубы

$$t_{од} = \frac{t_o}{t_{pд}} + 3$$

Общий срок строительства всех труб в календарных месяцах

$$t'_{om} = \frac{t_{од} \cdot n_m}{30,5}$$

Удельное время, характеризующее темп строительства труб

$$\tau_m = \frac{t'_{om}}{L_{yl}}$$

Протяженность участка работы 1 комплексной бригады по строительству труб

$$L_{бm} = \frac{(t'_{зр} + t_{нзр})}{(\tau_m - \tau_{нд})}$$

Количество комплексных бригад, необходимое при организации работ раздельно-последовательным способом

$$n_{nб} = \frac{L_{yl}}{L_{бm}}$$

Корректировка (уточненная длина) протяженности участка работы комплексной бригады по строительству труб

$$L'_{бm} = \frac{L_{yl}}{n_{бp}}$$

Общий срок строительства водопропускных труб

$$t_{mp}^{cmp} = \frac{t'_{om}}{n_{nб}}$$

На основе представленной в данном разделе методики, автором был разработан документ-шаблон *Mathcad* (**6.OPYS.xmcd**), приведенный на рисунке 6.2.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ

6.1. Строительство больших мостов

Срок строительства больших мостов определяем по эмпирической формуле, полученной анкетированием ряда мостостроительных трестов

Коэффициент условий строительства при бесперебойном транспортном обеспечении

$$K_{yc} := 1.53$$

$L_{мб}$ - длины больших мостов, м

$$L_{мб} := \begin{pmatrix} 310 \\ 575 \\ 423 \\ 320 \\ 670 \\ 1280 \\ 270 \end{pmatrix} \quad \text{м}$$

Срок строительства больших мостов

$$t_{смб} := K_{yc} \cdot [10 + 0.02 \cdot (L_{мб} - 100)]$$

$$t_{смб} = \begin{pmatrix} 21.726 \\ 29.835 \\ 25.184 \\ 22.032 \\ 32.742 \\ 51.408 \\ 20.502 \end{pmatrix} \quad \text{мес}$$

6.2. Строительство водопропускных труб

6.2.1. Исходные данные

Дата начала земляных работ

$$t_{нзр} := 3.72 \quad \text{мес}$$

Число дней, теряемых по метеорологическим причинам

$$n_{мп} := 20 \quad \text{дн}$$

Удельный вес круглых труб на участке

$$\alpha_{кр} := 0.6$$

Удельный вес выемок на участке $L_{ул}$

$$\beta_v := 0.3$$

Отношение покилометрового рабочего объема к профильному

$$\alpha := 0.91$$

Покилометровый профильный объем

$$V_{пп} := 36.4 \quad \text{тыс.м}^3 / \text{км}$$

Срок передислокации подразделений

$$t_{по} := 1 \quad \text{мес}$$

Длина участка линии, сдаваемая в эксплуатацию

$$L_{ул} := 93.21 \quad \text{км/год}$$

Продолжительность рабочей смены

$$t_{см} := 8 \quad \text{ч}$$

Коэффициент сменности

$$K_{см} := 2$$

Годовая выработка подразделения

$$V'_M := 1029 \quad \text{тыс.м}^3 / \text{год}$$

Рисунок 6.2 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 6.OPYS.xmcd (начало)

Длина рабочего участка подразделения, ведущего земляные работы $L'_M := 31.07$ км

Потребное число подразделений, занятых земляными работами на участке длиной $L_{ул}$ $n'_M := 3$

6.2.2. Последовательность расчетов

Общий объем насыпи на участке $L_{ул}$

$$V_H := \frac{\alpha \cdot V_{пп} \cdot L_{ул}}{1 + \beta_{\theta}} \quad V_H = 2374.991 \text{ тыс. м}^3$$

Общий объем выемок на участке $L_{ул}$

$$V_{\theta} := V_H \cdot \beta_{\theta} \quad V_{\theta} = 712.497 \text{ тыс. м}^3$$

Среднемесячная выработка мехколонны

$$V_{HM} := \frac{V'_M}{12} \quad V_{HM} = 85.75 \text{ тыс. м}^3/\text{мес}$$

Срок отработки выемок на участке первой мехколонны

$$t'_{зр} := \frac{(0.8 \cdot V_{\theta})}{n'_M \cdot V_{HM}} \quad t'_{зр} = 2.216 \text{ мес}$$

Срок отработки выемок на участке последней мехколонной

$$\tau_{п\theta} := \frac{t_{п\theta}}{L'_M \cdot (n'_M - 1)} \quad \tau_{п\theta} = 0.016 \text{ мес/км}$$

$$t''_{зр} := t'_{зр} + (n'_M - 1) \cdot \tau_{п\theta} \cdot L'_M \quad t''_{зр} = 3.216 \text{ мес}$$

Общий срок строительства труб на участке $L_{ул}$

$a_{кр} := 2.56$ $a_{пр} := 4.46$ $a_{кр}$ и $a_{пр}$ - количество часов, необходимых для сооружения соответственно круглой и прямоугольной труб

$$t_{om} := [\alpha_{кр} \cdot a_{кр} + (1 - \alpha_{кр}) \cdot a_{пр}] \cdot V_{пп} \cdot L_{ул} \quad t_{om} = 1.126 \times 10^4 \text{ ч}$$

Число труб на участке $L_{ул}$

$$n_m := 4.081 \cdot (\alpha \cdot V_{пп})^{0.726} \quad n_m = 51.807 \text{ округляем } n_{\text{макс}} := 52 \text{ шт}$$

Средний срок строительства одной трубы

$$t_o := \frac{t_{om}}{n_m} \quad t_o = 216.62 \text{ ч}$$

Общая продолжительность возможного периода строительства труб одним подразделением

$$t_{cm} := (t_{зр} + t'_{зр}) \cdot 30.5 \quad t_{cm} = 181.04 \text{ дн}$$

Удельный вес потерь по метеоусловиям

$$\delta_{мп} := \frac{n_{мп}}{t_{cm}} \quad \delta_{мп} = 0.11$$

Число перебазировок на один час работы бригады на объекте

$$n_{пб} := \frac{1}{t_o} \quad n_{пб} = 0.00462$$

Рисунок 6.2 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 6.OPYS.xmcd (продолжение)

Число рабочих часов в календарном дне

$$\delta_{пв} := 0.104 \quad \text{где } \delta_{пв} - \text{удельный вес потерь по праздничным и выходным дням}$$

$$t_{pд} := \frac{1 - \delta_{мп} - \delta_{пв}}{\frac{1}{(t_{см} \cdot K_{см})} + n_{пб}} \quad t_{pд} = 11.704 \quad \text{ч/дн}$$

Средний срок строительства одной трубы

$$t_{oд} := \frac{t_o}{t_{pд}} + 3 \quad t_{oд} = 21.508 \quad \text{дн}$$

Общий срок строительства всех труб в календарных месяцах

$$t'_{om} := \frac{t_{oд} \cdot n_m}{30.5} \quad t'_{om} = 36.67 \quad \text{мес}$$

Удельное время, характеризующее темп строительства труб

$$\tau_m := \frac{t'_{om}}{L_{ул}} \quad \tau_m = 0.3934 \quad \text{мес/км}$$

Протяженность участка работы одной комплексной бригады по строительству труб

$$L_{бм} := \frac{t'_{зр} + t_{нзр}}{\tau_m - \tau_{пд}} \quad L_{бм} = 15.731 \quad \text{км}$$

Количество комплексных бригад, требующихся при организации работ
раздельно-последовательным способом

$$n_{бр} := \frac{L_{ул}}{L_{бм}} \quad n_{бр} = 5.925 \quad \text{округляем} \quad n'_{бр} := 6 \quad \text{бригад}$$

Корректировка - уточнение длины участка работы одной комплексной бригады по
строительству труб

$$L'_{бм} := \frac{L_{ул}}{n'_{бр}} \quad L'_{бм} = 15.535 \quad \text{км}$$

Общий срок строительства водопропускных труб раздельно-последовательным методом
составит

$$t_{mp.cmp} := \frac{t'_{om}}{n'_{бр}} \quad t_{mp.cmp} = 6.11 \quad \text{мес}$$

Рисунок 6.2 – Исходный текст документа-шаблона Mathcad 6.OPYS.xmcd (окончание)

7. Автоматизированное проектирование с применением системы *Mathcad*

7.1. Краткое описание интерфейса *Mathcad*

К элементам интерфейса системы *Mathcad* можно отнести: строку главного меню в верхней части окна программы; панели инструментов *Стандартная* и *Форматирование*; панель инструментов *Математика*, открывающая доступ к дополнительным математическим панелям инструментов; рабочую область; строку состояния; всплывающие или контекстные меню (рисунок 7.1). С подробным описанием интерфейса *Mathcad* можно ознакомиться в [6], ниже будут представлены лишь краткие сведения.

Главное меню системы содержит следующие опции, см. рисунок 7.1: *Файл* – работа с файлами, сетью *Internet* и электронной почтой, принтером; *Правка* – редактирование документа; *Вид* – настройка элементов интерфейса системы, в том числе панели инструментов; *Вставка* – организация вставок объектов (графиков, матриц, функций, единиц измерения, рисунков и т.п.); *Формат* – изменение формата объектов (текста, формул и графиков); *Инструменты* – управление процессом вычислений; *Символьные операции* – организация работы символьного процессора; *Окно* – управление окнами системы с различными документами на экране, *Справка* – работа со справочной системой. Для пользователя, имеющего навыки работы с приложениями *Windows*, большая часть этих опций, несомненно, хорошо знакома.

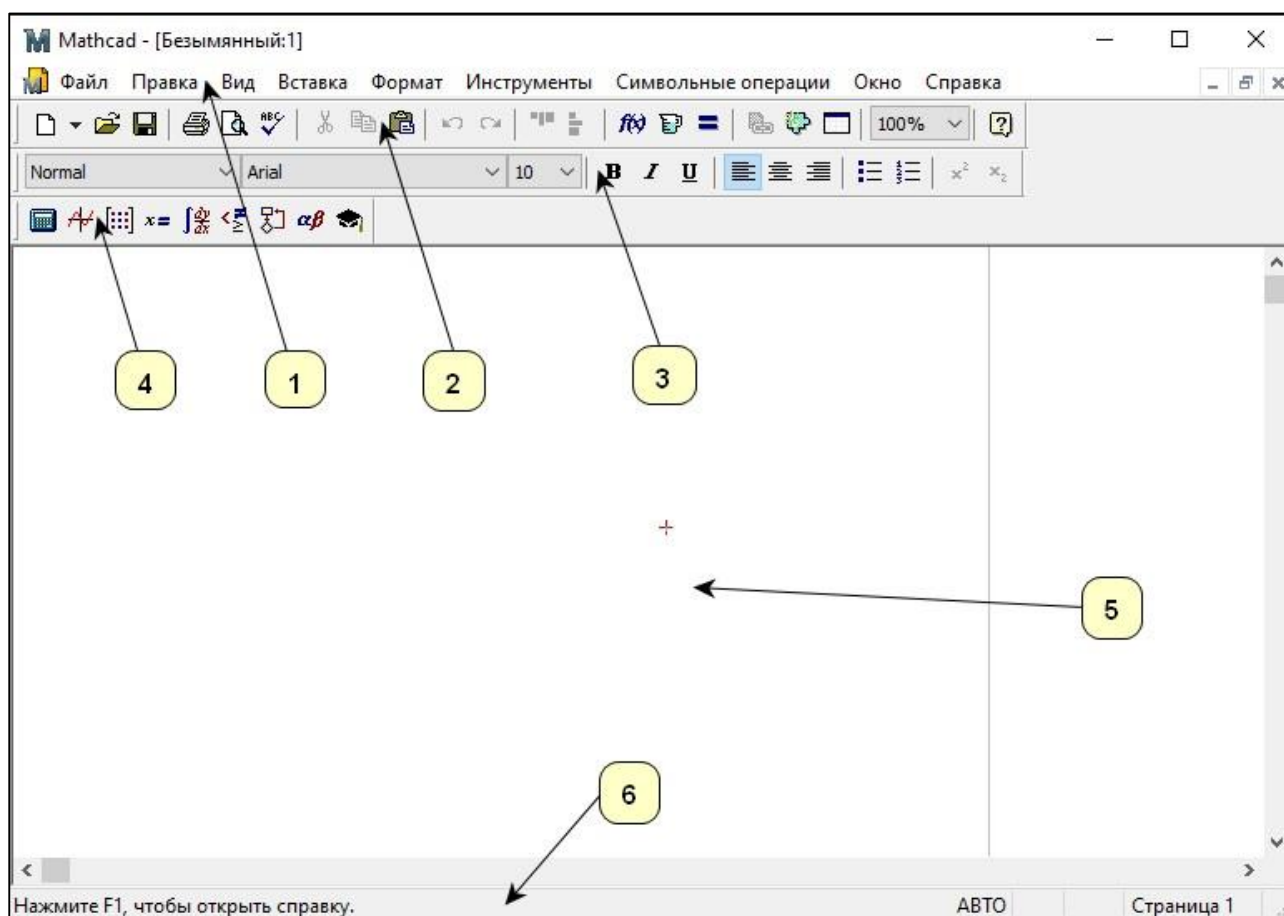


Рисунок 7.1 – Элементы интерфейса системы *Mathcad*:

- 1 – строка главного меню; 2 – панель инструментов *Стандартная*; 3 – панель инструментов *Форматирование*; 4 – панель инструментов *Математика*; 5 – рабочая область; 6 – строка состояния с информацией о работе приложения

Панели инструментов содержат набор пиктограмм, позволяющих осуществить быстрый доступ к наиболее часто используемым командам при работе с системой *Mathcad*. Необходимо отметить, что вызов этих команд можно организовать и через главное меню.

Команды панели инструментов *Стандартная* служат в основном для выполнения таких операций, как работа с файлами, правка документа, вставка объектов и доступ к справочной системе. Помимо этих стандартных операций, доступных в большинстве приложений *Windows*, присутствуют и специфические команды такие как *Вставить Функцию*, *Вставить Единицы Измерения*, *Вычислить* и др.

Панель инструментов *Форматирование* содержит средства для выполнения команд форматирования текста и формул, таких как изменение типа и размера шрифта, задания полужирного, курсивного или подчеркнутого начертания символов, выравнивания текста, создания нумерованных и ненумерованных списков.

Пиктограммы панели инструментов *Математика* служат для организации доступа к девяти математическим панелям (рисунок 7.2), обеспечивающим ввод математических символов и операторов в документ.

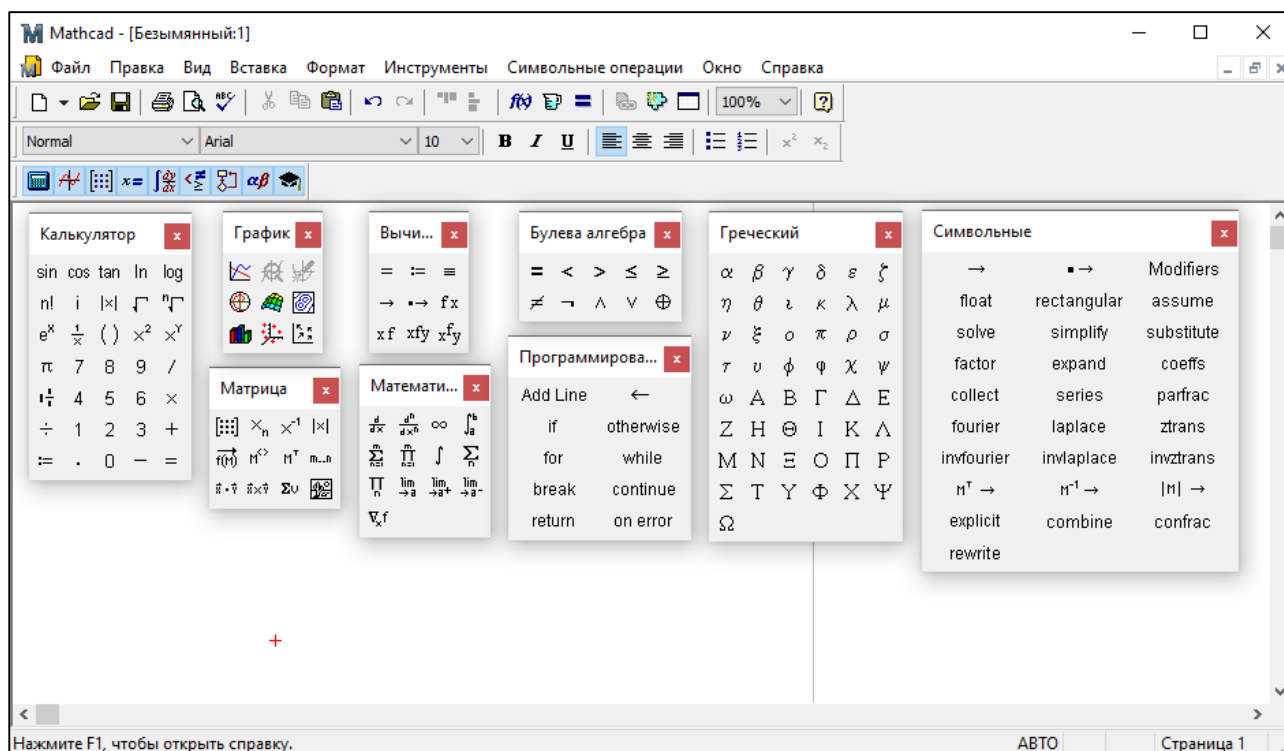


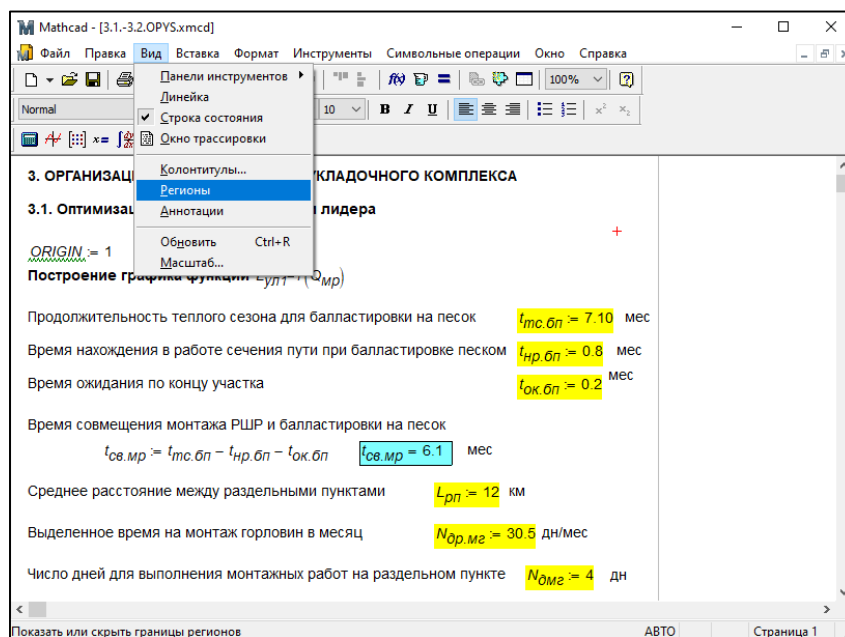
Рисунок 7.2 – Открытые с помощью пиктограмм математические панели

Панель *Калькулятор* служит для ввода шаблонов основных математических операций, цифр, знаков арифметических операций; панель *График* – для вставки графиков различных видов в документ, панель *Матрица* – для вставки шаблонов матриц и матричных операций. В панели *Вычисление* сгруппированы операторы присвоения значений и вывода результатов расчета; в панели *Математический анализ* – операторы дифференцирования, интегрирования, суммирования, определения предела. Панель *Булева алгебра* предназначен для ввода логических (булевых) операторов. Панель *Программирование* открывает доступ к средствам программирования *Mathcad*. Панель *Греческий* содержит греческие символы. Панель *Символьные* служит для вставки операторов символьных вычислений. Положение любой математической панели в рабочей области окна можно менять, перетаскивая мышью панель за заголовок.

Большую часть окна *Mathcad* занимает рабочая область, в которой происходит набор математических выражений, элементов программирования, текстовых комментариев и

графических построений. Текст, математические формулы и графики располагаются внутри отдельных блоков. Для того чтобы показать или скрыть границы блоков, следует включить или отключить опцию *Регионы* в меню *Вид*. По умолчанию эта опция отключена. На рисунке 7.3 показан, соответственно, вид документа с отключенной и включенной опцией *Регионы*. Расположение вычислительных блоков, блоков графики и блоков вывода результатов расчета в документе *Mathcad* имеет очень важное значение, их выполнение происходит справа-налево и сверху-вниз. Это означает, например, что для построения графика функции вначале должны выполняться блоки, задающие саму функцию и пределы изменения аргумента, и только затем должен следовать блок построения графика функции. Любой блок может быть легко с помощью мыши «перетаскиванием» перемещен в любое место документа, однако, пользователю документов-шаблонов следует иметь в виду, что этим может быть нарушена четкая последовательность вычислительного алгоритма и приложение *Mathcad* выдаст сообщение об ошибке.

а)



б)

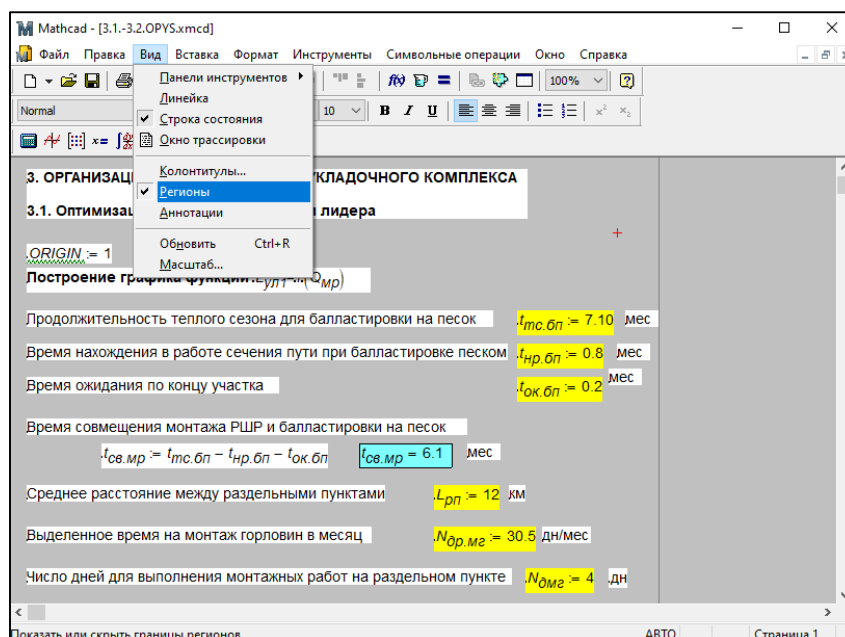


Рисунок 7.3 – Вид документа *Mathcad* с отключенной (а) и включенной (б) опцией *Регионы*

7.2. Редактирование документов *Mathcad*

При выполнении расчетов отдельных разделов и параграфов курсового (дипломного) проекта с применением системы *Mathcad* студенту предлагается использовать готовые документы-шаблоны, в которые необходимо внести изменения в соответствии с индивидуальным заданием и получаемыми в ходе расчета результатами.

Однако прежде чем приступить к редакции документов *Mathcad* на ЭВМ, следует создать директорию, где будут храниться необходимые файлы. Если студент в своих расчетах планирует использовать ЭВМ специализированной компьютерной аудитории института или кафедры «Проектирование и строительство железных дорог», то необходимо иметь ввиду, что для хранения файлов пользователей на диске *C* зарезервирована папка *KP-OPYS*, внутри которой размещены восемь исходных документов-шаблонов. Эти документы имеют соответствующие имена:

2.OPYS.xmcd,
3.1.-3.2.OPYS.xmcd,
3.3.OPYS.xmcd,
3.4.OPYS.xmcd,
3.5.OPYS.xmcd,
4.OPYS.xmcd,
5.OPYS.xmcd,
6.OPYS.xmcd.

Начальные цифры соответствуют номерам отдельных разделов или параграфов курсового проекта, а четыре буквы - названию дисциплины «Организация, планирование и управление железнодорожным строительством». В папке *KP-OPYS* студенту необходимо сформировать директорию пользователя для хранения своих документов, имя которого повторяет номер группы студента, например: *c:\KP-OPYS\СЖД-411*. Далее следует скопировать все или выборочно исходные документы-шаблоны в свой директорию пользователя. В нем необходимо переименовать файлы, добавив свою фамилию, например: *c:\KP-OPYS\СЖД-411\2.OPYS_Ivanov.xmcd*. Именно эти, а не исходные файлы подлежат редакции.

Поскольку нет гарантии, что по истечении времени на ЭВМ компьютерной аудитории института или кафедры будет обеспечена сохранность ваших файлов, наилучшим решением будет хранение файлов по курсовому проекту на собственном магнитном носителе (флешка, карта памяти и т.п.).

Теперь можно приступить к редактированию документа. Поскольку редактирование документа-шаблона сведено к изменению численных значений отдельных параметров проектирования, а также добавлению или удалению частей документа, то разберем подробнее эти операции.

Редактирование документа *2.OPYS.xmcd*, содержащего расчет климатических характеристик района строительства, начинается с исправления исходных данных в соответствии с выданным заданием. В случае необходимости корректируются численные значения: времени подсыхания грунта основной площадки земляного полотна, коэффициента местных условий и коэффициента асимметрии, а также среднемесячных температур воздуха. Для изменения конкретного значения некоего параметра необходимо активизировать редактируемый блок, наведя на него курсор, и кликнув левой кнопкой мыши. Далее, используя клавиши *Del* или *Backspace*, удаляется старое число до появления местозаполнителя (черный прямоугольник), см. рисунок 7.4, и с клавиатуры вводится новое. В случае, если после активизации редактируемого блока и наведения курсора на исправляемое число произвести двойной клик левой кнопкой мыши, то это приведет к выделению числа, которое будет автоматически стерто сразу же после набора нового значения с клавиатуры.

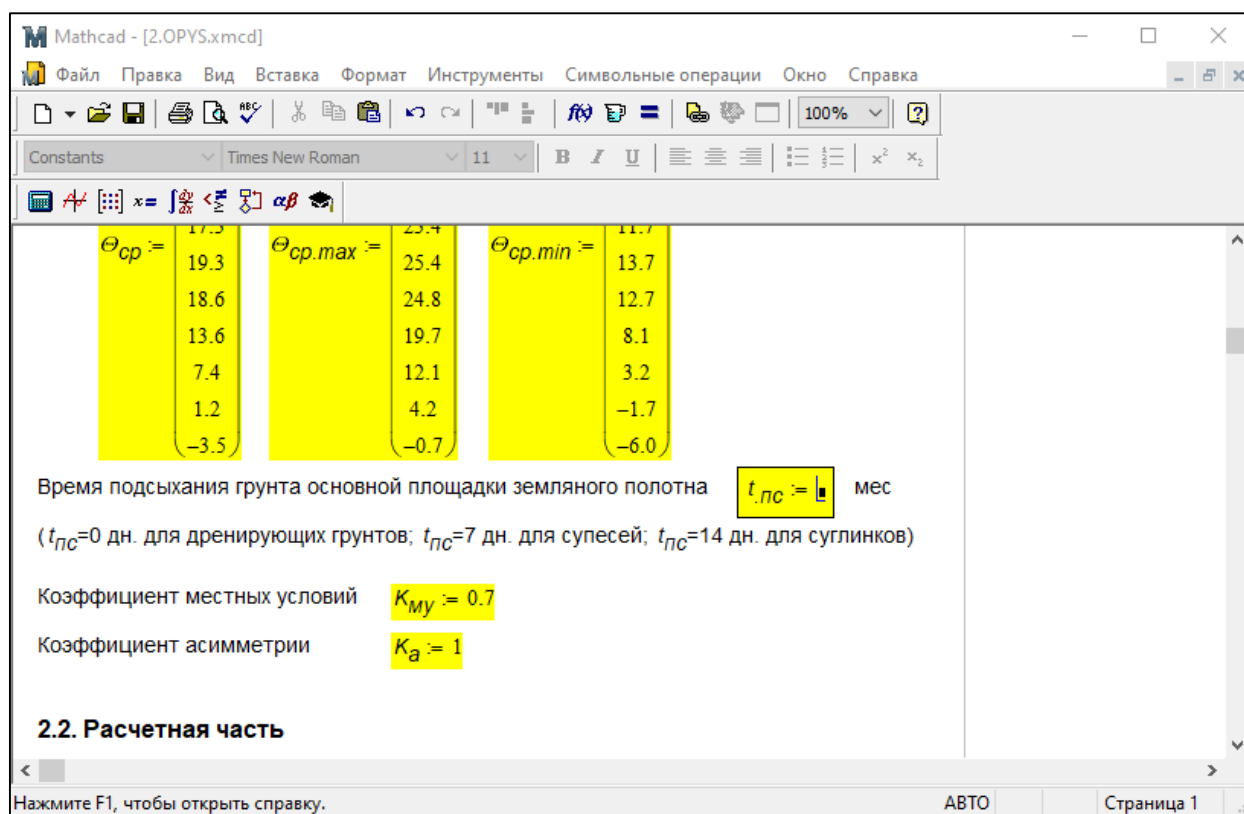


Рисунок 7.4 – Вид редактируемого блока после удаления старого числа

Обращаем внимание, что блоки, содержащие исходные данные подлежащие корректировке, для удобства выделены желтым цветом, а блоки с результатами вычислений выделены голубым цветом и заключены в рамку.

Расчетная часть начинается с вычисления числа элементов вектор-столбца. Для этого используется встроенная матричная функция $rows(M)$ [6], которая возвращает число строк матрицы, имя которой указано в скобках. Далее задается диапазон изменения ранжированной переменной i , используемый для построения графика.

Построение графика температурных кривых осуществляется автоматически по мере набора или корректировки исходных данных. Графики температурных кривых не должны пересекаться, если подобное произошло, следует проверить правильность набора данных.

Построенные графики позволяют в режиме трассировки с достаточной степенью точности определять даты перехода через 0°C температурных кривых. Перед запуском трассировки необходимо увеличить масштаб документа, что позволит более точно позиционировать место пересечения графика с осью абсцисс.

Для включения режима трассировки следует щелкнуть в области построения графика правой кнопкой мыши и выбрать в контекстном меню пункт *Трассировка*. (рисунок 7.5). На экране отображается диалоговое окно трассировки (рисунок 7.6). После щелчка левой кнопкой мыши в поле графика появляются две пересекающиеся пунктирные линии. При перемещении точки пересечения линий (точки прицела) с помощью указателя мыши в соответствующих полях окна трассировки будут отображаться с высокой точностью ее координаты.

В диалоговом окне трассировки необходимо убрать флажок в позиции *Отслеживать точки данных*. Если флажок установлен, то линии трассировки будут дискретно следовать вдоль графика по точкам перелома, в противном случае они могут перемещаться по всей области графика.

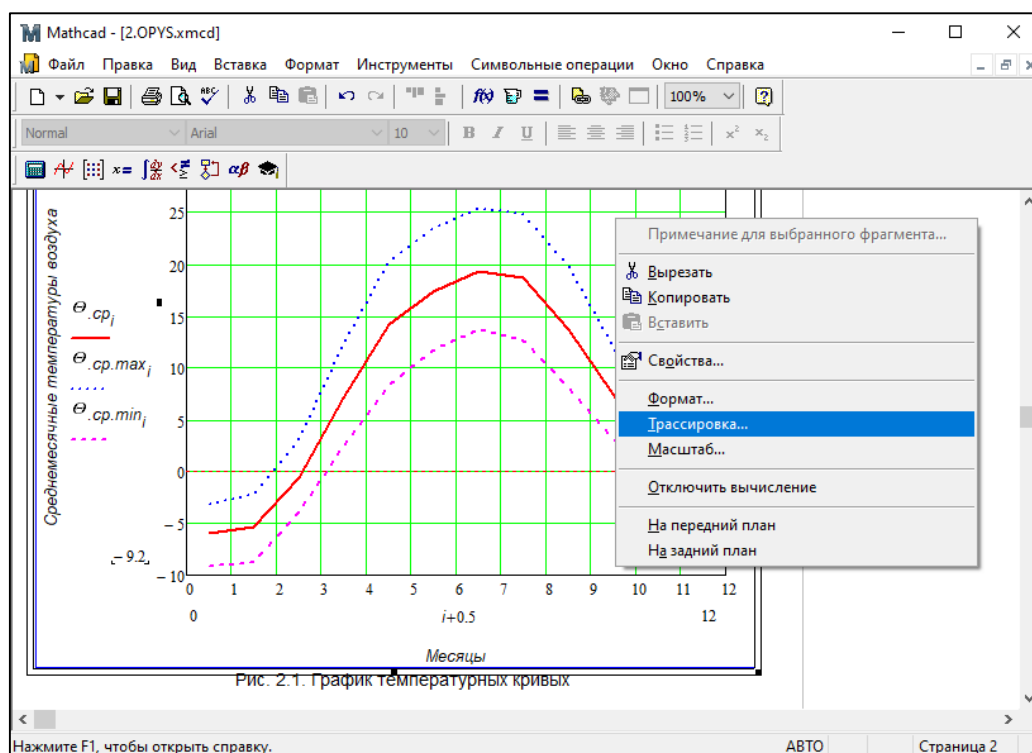


Рисунок 7.5 – Вызов контекстного меню для запуска режима трассировки

Смещения точки пересечения линий производится с помощью указателя мыши, при этом левая клавиша должна быть зафиксирована. Точность попадания точки прицела в место пересечения графика с осью абсцисс контролируется визуально, при этом значение координаты Y в соответствующем поле Y -координата должно быть максимально близко к нулю. Нажатие кнопки *Копировать X* скопирует соответствующее число в буфер обмена. Далее стирается старое значение параметра t_i до появления местозаполнителя (рисунок 7.7) и, используя команду *Вставить*, из буфера обмена вставляется новое.

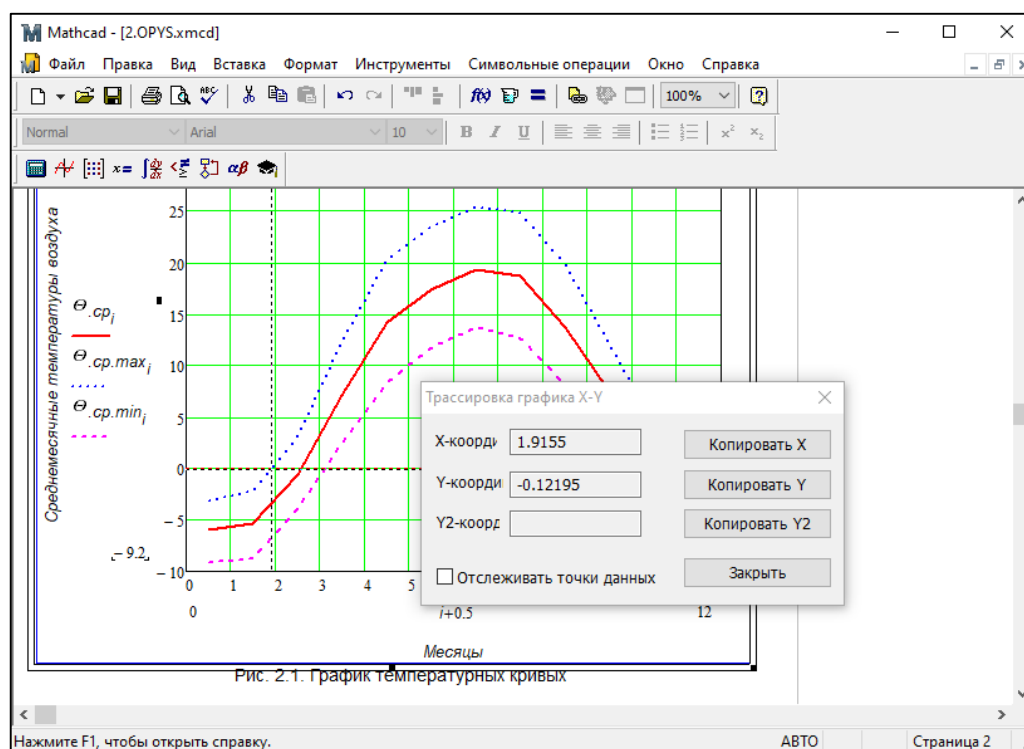


Рисунок 7.6 – Вид диалогового окна трассировки

После того как все значения параметров t_i будут исправлены, в автоматическом режиме будет произведен расчет климатических характеристик.

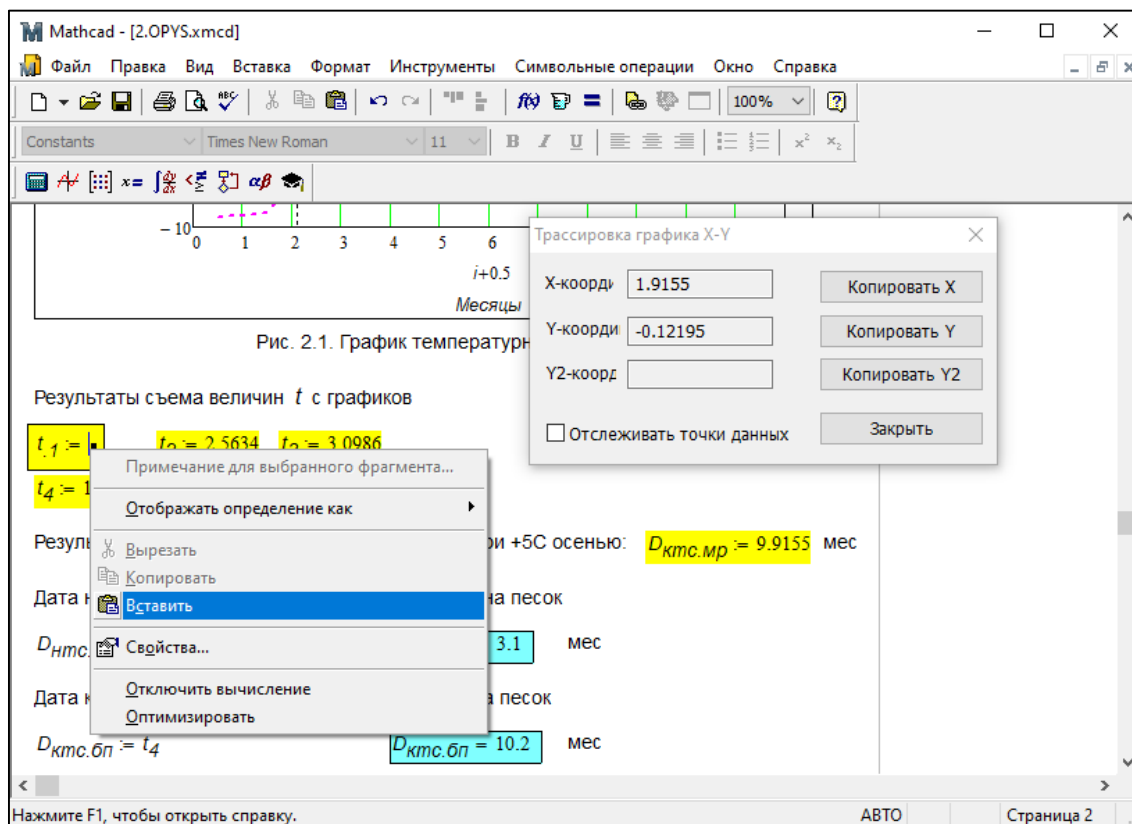


Рисунок 7.7 – Копирование из буфера обмена координаты X

В п.3.2 разбиралась ситуация, когда ни один из трех вариантов проектирования не удовлетворяет из-за превышения директивного срока строительства, то есть существует ограничение по сроку. В п.4.2 оговаривалась возможность получения варианта с ограничением по наличному количеству вагонов для перевозки и отсыпки балластных материалов. И в том и другом случае в документ *Mathcad* вносится соответствующая запись, фиксирующая наличие данного ограничения, и предлагаются решения по уменьшению итогового показателя (расчетный срок строительства, потребное количество вагонов) за счет изменения отдельных исходных параметров проектирования. Первоначально сформированный, отредактированный документ необходимо дополнить фрагментом с повторным расчетом.

Для добавления части документа, представляющего собой группу отдельных блоков, следует, протянув мышью по всей группе, выделить входящие в состав нее блоки пунктирной рамкой (рисунок 7.8). После нажатия пункта *Копировать* контекстного меню выделенные блоки будут скопированы в буфер обмена системы *Windows*. Прежде чем вставить скопированный фрагмент документа, необходимо точно рассчитать и подготовить место соответствующего размера (примерно 6 страниц). В противном случае при копировании произойдет наложение вставляемого фрагмента с заключительной, еще не отредактированной частью документа, что недопустимо. Далее, поместив курсор в нужном месте и используя команду *Вставить* контекстного меню, вставляем часть документа.

После того как вставка фрагмента произведена, для экономии места из него необходимо удалить те части, которые содержат блоки с повторным вводом не подлежащих изменению данных. Аналогично следует поступать с частями документа, где размещены блоки расчета, результаты которых не меняются. Пустые строки, образовавшиеся при удалении ненужных блоков необходимо убрать, установив курсор в начало строки и нажав *Del*.

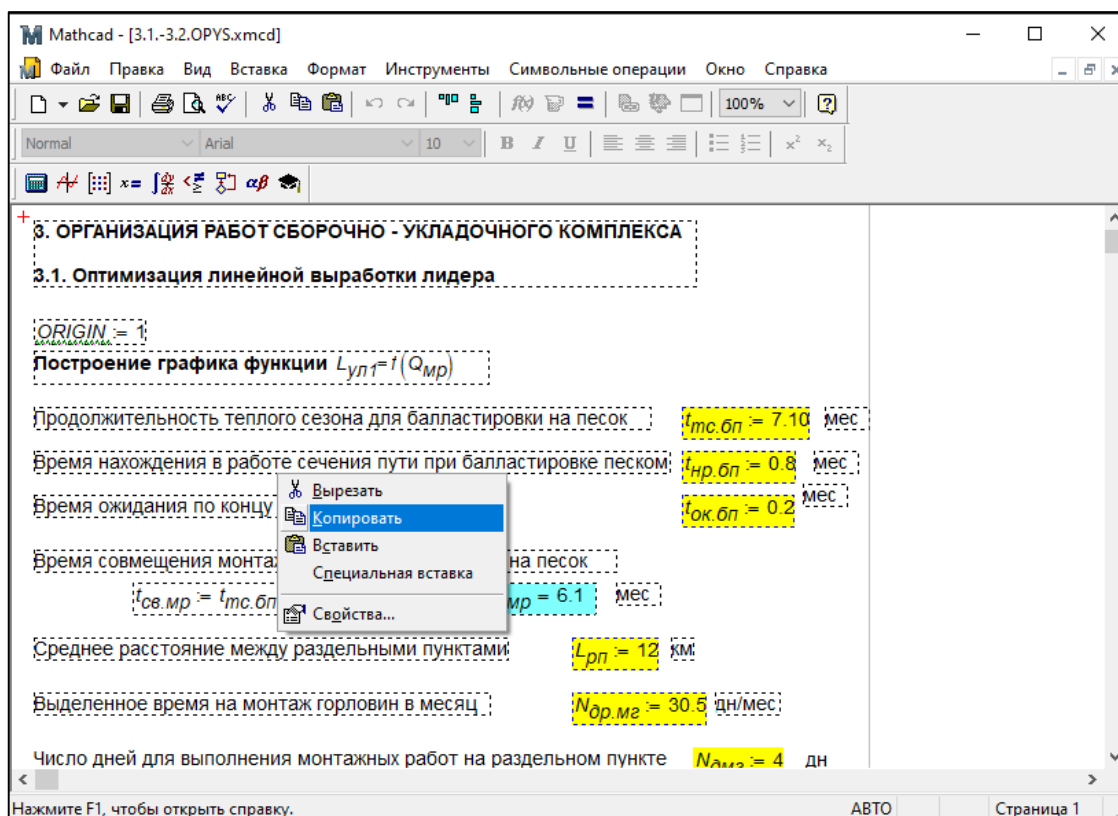


Рисунок 7.8 – Копирование части документа в буфер обмена

На рисунке 7.9 приведен пример подобной редакции документа *3.1.-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по директивному сроку строительства.

Процесс редактирования документов-шаблонов может сопровождаться появлением на экране «мусора» – следов от курсора или удаленных символов. В этом случае полезно производить обновление экрана с помощью команды *Обновить* меню *Вид*.

Некоторые документы *Mathcad* имеют большой объем, поэтому внутри них можно наблюдать горизонтальные пунктирные линии раздела страниц. Эти линии показывают, каким образом будет произведено разбиение на страницы при распечатке документа на принтере. Для изменения параметров страницы необходимо воспользоваться командой *Параметры страницы* меню *Файл*.

После того как документ будет отредактирован, не забудьте сохранить данный файл на выбранном носителе, а перед запуском его на печать, воспользуйтесь командой *Предварительный просмотр* для предварительного просмотра документа. В случае попадания границ страниц на блоки вычисления или графики следует внести окончательную правку документа, исключая этот момент.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ СБОРОЧНО - УКЛАДОЧНОГО КОМПЛЕКСА

3.1. Оптимизация линейной выработки лидера

$ORIGIN := 1$

Построение графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мр})$

Продолжительность теплого сезона для балластировки на песок $t_{мс.бп} := 6.20$ мес

Время нахождения в работе сечения пути при балластировке песком $t_{нр.бп} := 0.8$ мес

Время ожидания по концу участка $t_{ок.бп} := 0.2$ мес

Время совмещения монтажа РШР и балластировки на песок

$$t_{св.мр} := t_{мс.бп} - t_{нр.бп} - t_{ок.бп} \quad t_{св.мр} = 5.2 \quad \text{мес}$$

Среднее расстояние между отдельными пунктами $L_{рп} := 12$ км

Выделенное время на монтаж горловин в месяц $N_{др.мг} := 30.5$ дн/мес

Число дней для выполнения монтажных работ на отдельном пункте $N_{др.мг} := 4$ дн

Удельное время монтажа горловин

$$\tau_{мг} := \frac{N_{др.мг}}{(N_{др.мг} \cdot L_{рп})} \quad \tau_{мг} = 0.01093 \quad \text{мес/км}$$

Среднемесячное число дней монтажа рельсо-шпальной решетки $смN_{др.мр} := 18$ дн

Значение параметра A

$$A := 0.02501 \cdot смN_{др.мр} \quad A = 0.45$$

Опережение по фронту монтажом РШР балластировки на песок $L_{оф} := 10$ км

Для построения графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мр})$ задаемся значениями

$$Q_{мр} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \end{pmatrix} \quad \text{зв/дн}$$

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (начало)

и определяем значения $L_{ул1}$

$$i := 1..5 \quad L_{ул1_i} := \frac{t_{св.мп} \cdot A \cdot Q_{мп_i}}{1 + \tau_{мг} \cdot A \cdot Q_{мп_i}} + L_{оф}$$

$$L_{ул1} = \begin{pmatrix} 52.62 \\ 71.2 \\ 88.24 \\ 103.94 \\ 118.44 \end{pmatrix} \text{ км/год}$$

Построение графика функции $L_{ул2} = f(Q_{мп})$

Задаемся минимальной, средней и максимальной скоростью движения звеновозного поезда по участкам, где путь уложен по "черному" или забалластирован только на песок

$$V_1 := \begin{pmatrix} 10 \\ 12.5 \\ 15 \end{pmatrix} \text{ км/ч}$$

Задаемся минимальной, средней и максимальной скоростью движения звеновозного поезда по участкам забалластированным на щебень

$$V_2 := \begin{pmatrix} 20 \\ 25 \\ 30 \end{pmatrix} \text{ км/ч}$$

Рассчитаем средние скорости движения звеновозного поезда для минимального, среднего и максимального скоростного режима движения звеновозного поезда

$$i := 1..3 \quad V_{п_i} := \frac{V_{1_i} \cdot V_{2_i} \cdot (t_{мс.бп} - t_{нр.бп})}{V_{2_i} \cdot (t_{нр.бп} + t_{ок.бп}) + V_{1_i} \cdot (t_{мс.бп} - 2 \cdot t_{нр.бп} - t_{ок.бп})}$$

$$V_{п} = \begin{pmatrix} 16.88 \\ 21.09 \\ 25.31 \end{pmatrix} \text{ км/ч}$$

Продолжительность операций в пункте передового базирования

$$t_{оппб} := 1 \text{ ч}$$

Коэффициент резервирования времени для покрытия непредвиденных помех обратному выезду звеновозного поезда

$$K_{рнп} := 1.15$$

Время цикла звеновозного поезда

$$t_{цп} := \frac{24 - t_{оппб}}{K_{рнп}} \quad t_{цп} = 20 \text{ ч}$$

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (*продолжение*)

Таблица 3.1

Значения параметров $t_{олф}$, $t_{олз}$, $K_{олф}$, $K_{олз}$

Работы	Способы стыкования и погрузки путевых звеньев	Путеукладчик	Типы рельсов			
			P50		P65	
			$t_{олф}$	$K_{олф}$	$t_{олз}$	$K_{олз}$
Монтаж РЩР	Временные стыкователи	УК-25	1,046	0,12	1,005	0,127
		ПБ-3	1,254	0,177	1,265	0,162
	Накладки с двумя болтами	УК-25	1,244	0,17	1,267	0,124
		ПБ-3	1,384	0,255	1,396	0,251
Погрузка звеньев	Козловым краном	-	$t_{олз}$	$K_{олз}$	$t_{олз}$	$K_{олз}$
	Стреловым краном с бокового пути	-	0,365	0,103	0,324	0,103
			0,867	0,2	0,826	0,2

По табл. 3.1 определяем значения $t_{олф}$, $t_{олз}$, $K_{олф}$, $K_{олз}$ для заданных в задании условий строительства

$$t_{олф} := 1.267 \quad K_{олф} := 0.124$$

$$t_{олз} := 0.826 \quad K_{олз} := 0.2$$

Определяем ординату линии $L_{ул2} = f(Q_{мр})$ при $Q_{мр} = 0$

$$L_{ул2} := \frac{V_{п}}{2} \cdot (t_{цп} - t_{олф} - t_{олз})$$

$$L_{ул2} = \begin{pmatrix} 151.09 \\ 188.86 \\ 226.64 \end{pmatrix} \text{ км/год}$$

Определяем абсциссу линии $L_{ул2} = f(Q_{мр})$ при $L_{ул2} = 0$

$$Q_{мр2} := \frac{(t_{цп} - t_{олф} - t_{олз})}{K_{олф} + K_{олз}}$$

$$Q_{мр2} = 55.27 \text{ зв/дн}$$

Подготовка данных к построению графика $L_{ул1}$

$$x2 := \begin{pmatrix} Q_{мр1} \\ Q_{мр2} \\ Q_{мр3} \\ Q_{мр4} \\ Q_{мр5} \end{pmatrix} \quad L_{ул1} := \begin{pmatrix} L_{ул1_1} \\ L_{ул1_2} \\ L_{ул1_3} \\ L_{ул1_4} \\ L_{ул1_5} \end{pmatrix}$$

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (продолжение)

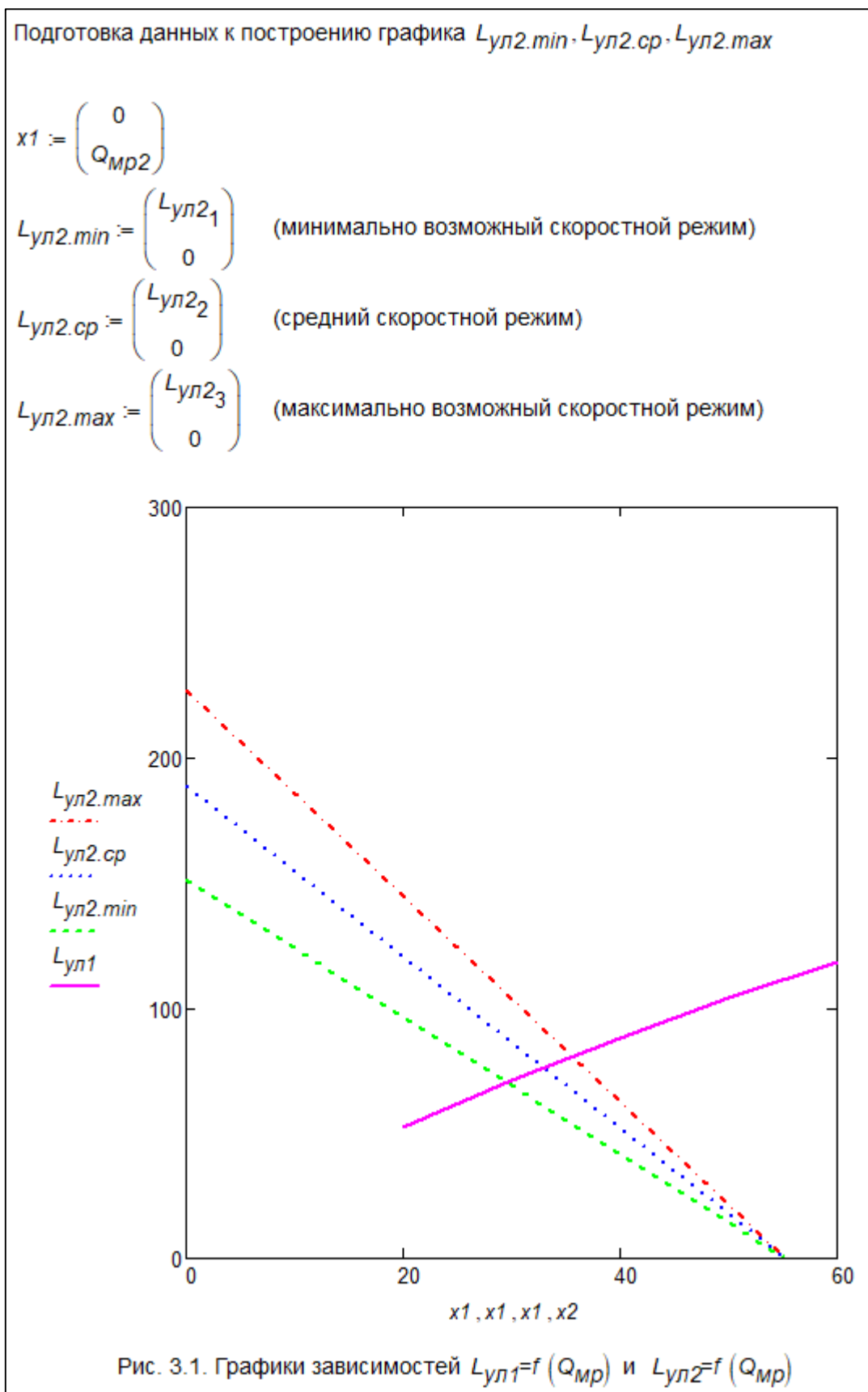


Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (*продолжение*)

Результаты съема с графиков оптимальных величин $L_{ул}$ и $Q_{мр}$

минимально возможный скоростной режим $L_{ул.min} := 69.828$ км/год

$Q_{мр.min} := 29.552$ зв/дн

средний скоростной режим $L_{ул.ср} := 75.647$ км/год

$Q_{мр.ср} := 32.985$ зв/дн

максимально возможный скоростной режим $L_{ул.max} := 80.172$ км/год

$Q_{мр.max} := 35.672$ зв/дн

3.2. Срок строительства железной дороги

Протяженность строящейся линии по километражу $L_{л} := 345 + 270$ км

Суммарная длина комбинаций стрелочных переводов в горловинах раздельных пунктов по главному пути $L_{ксп} := 0.2$ км/км

Длина путей от оси отсчета километров станции примыкания до заднего стыка стрелочных переводов, ответвляющих новую линию $L_{псп} := 0.5$ км

Протяженность участков с особым типом верхнего строения пути (безбалластные металлические мосты)

$L_{уовс} := 0.65 + 0.36 + 0.52 + 0.183 + 1.06 + 0.433 + 0.205$ $L_{уовс} = 3.411$ км

Длина путей концевой (тупиковой) станции $L_{пкс} := 1.2$ км

Длина вытяжного тупика $L_{птт} := 0.8$ км

Определяем монтажную длину линии

$L_{лм} := L_{л} \cdot \left(1 - \frac{L_{ксп}}{L_{рп}}\right) - L_{псп} - L_{уовс} + 0.5 \cdot L_{пкс} + L_{птт}$ $L_{лм} = 602.24$ км

Число сдаточных участков

$n_{ул.min} := \frac{L_{лм}}{L_{ул.min}}$ $n_{ул.min} = 8.62$ округляем $n_{ул.min} := 9$

$n_{ул.ср} := \frac{L_{лм}}{L_{ул.ср}}$ $n_{ул.ср} = 7.96$ округляем $n_{ул.ср} := 8$

$n_{ул.max} := \frac{L_{лм}}{L_{ул.max}}$ $n_{ул.max} = 7.51$ округляем $n_{ул.max} := 8$

Срок строительства участка линии протяженностью $L_{ул}$ $t_{сул} := 3.75$ года

Срок строительства всей железнодорожной линии

$t_{сл.min} := t_{сул} + n_{ул.min} - 1$ $t_{сл.min} = 11.75$ года

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd в случае наличия ограничения по сроку строительства (продолжение)

$t_{сл.ср} := t_{сул} + n_{ул.ср} - 1$ $t_{сл.ср} = 10.75$ года
 $t_{сл.мах} := t_{сул} + n_{ул.мах} - 1$ $t_{сл.мах} = 10.75$ года

Все три варианта расчета не дали удовлетворительного результата с точки зрения директивного срока: $t_{сл} > t_{дир} = 9$ лет. Следовательно необходимо изменить часть исходных данных и перепроектировать графики.

1) Для перепостроения графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мр})$ предлагается:

- а) увеличить среднее расстояние между раздельными пунктами с 12 до 16;
- б) уменьшить число дней для выполнения монтажных работ на раздельном пункте с 4 до 2 дней;
- в) увеличить среднемесячное число дней монтажа рельсо-шпальной решетки с 18 до 23.

2) Для перепостроения графика функции $L_{ул2} = f(Q_{мр})$ предлагается:

- а) применить более быстрый способ стыкования звеньев (автостыкователи);
- б) использовать при погрузке звеньев на звеносборочной базе более производительный кран (козловой).

Построение графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мр})$

Среднее расстояние между раздельными пунктами $L_{рп} := 16$ км

Число дней для выполнения монтажных работ на раздельном пункте $N_{дмг} := 2$ дн

Удельное время монтажа горловин

$$\tau_{мг} := \frac{N_{дмг}}{(N_{дпр.мг} \cdot L_{рп})}$$
 $\tau_{мг} = 4.09836 \times 10^{-3}$ мес/км

Среднемесячное число дней монтажа рельсо-шпальной решетки $смN_{дмр} := 23$ дн

Значение параметра A

$$A := 0.02501 \cdot смN_{дмр}$$
 $A = 0.575$

Опережение по фронту монтажом РШР балластировки на песок $L_{офр} := 10$ км

Для построения графика функции $L_{ул1} = f(Q_{мр})$ задаемся значениями

$Q_{мр} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \end{pmatrix}$

зв/дн

и определяем значения $L_{ул1}$

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (продолжение)

$$i := 1..5 \quad L_{ул1_i} := \frac{t_{св.мп} \cdot A \cdot Q_{мп_i}}{1 + \tau_{мг} \cdot A \cdot Q_{мп_i}} + L_{оф}$$

$L_{ул1} = \begin{pmatrix} 67.13 \\ 93.81 \\ 119.34 \\ 143.79 \\ 167.23 \end{pmatrix}$

км/год

Построение графика функции $L_{ул2} = f(Q_{мп})$

По табл. 3.1 определяем значения $t_{омр}$ $t_{опз}$ $K_{омр}$ $K_{опз}$ для заданных в задании условий строительства

$t_{омр} := 1.005$

$K_{омр} := 0.127$

$t_{опз} := 0.324$

$K_{опз} := 0.103$

Определяем ординату линии $L_{ул2} = f(Q_{мп})$ при $Q_{мп}=0$

$$L_{ул2} := \frac{V_{п}}{2} \cdot (t_{цп} - t_{омр} - t_{опз})$$

$L_{ул2} = \begin{pmatrix} 157.54 \\ 196.92 \\ 236.3 \end{pmatrix}$

км/год

Определяем абсциссу линии $L_{ул2} = f(Q_{мп})$ при $L_{ул2}=0$

$$Q_{мп2} := \frac{(t_{цп} - t_{омр} - t_{опз})}{K_{омр} + K_{опз}}$$

$Q_{мп2} = 81.18$

зв/дн

Подготовка данных к построению графика $L_{ул1}$

$x2 := \begin{pmatrix} Q_{мп1} \\ Q_{мп2} \\ Q_{мп3} \\ Q_{мп4} \\ Q_{мп5} \end{pmatrix}$

$L_{ул1} := \begin{pmatrix} L_{ул1_1} \\ L_{ул1_2} \\ L_{ул1_3} \\ L_{ул1_4} \\ L_{ул1_5} \end{pmatrix}$

Подготовка данных к построению графика $L_{ул2.min} \cdot L_{ул2.cp} \cdot L_{ул2.max}$

$$x1 := \begin{pmatrix} 0 \\ Q_{мп2} \end{pmatrix}$$

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (продолжение)

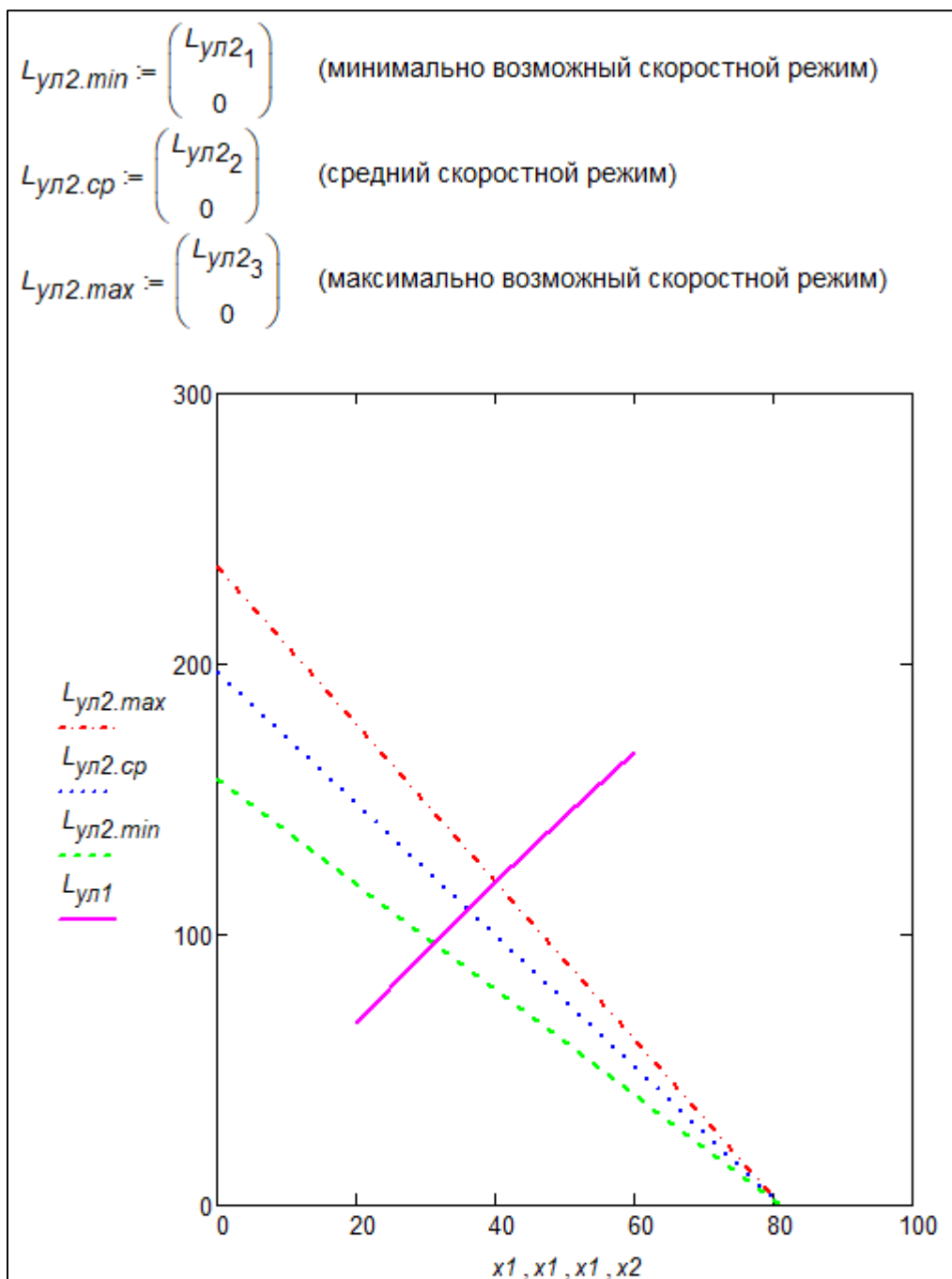


Рис. 3.1. Графики зависимостей $L_{ул1}=f(Q_{мр})$ и $L_{ул2}=f(Q_{мр})$

Результаты съема с графиков оптимальных величин $L_{ул}$ и $Q_{мр}$

минимально возможный скоростной режим	$L_{ул.min} := 96.983$ км/год
	$Q_{мр.min} := 31.343$ зв/дн
средний скоростной режим	$L_{ул.ср} := 109.27$ км/год
	$Q_{мр.ср} := 35.821$ зв/дн

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (продолжение)

максимально возможный скоростной режим $L_{ул. max} := 119.61$ км/год
 $Q_{мр. max} := 40.05$ зв/дн

Определяем монтажную длину линии

$$L_{лм} := L_{л} \cdot \left(1 - \frac{L_{ксп}}{L_{рп}}\right) - L_{псп} - L_{уовс} + 0.5 \cdot L_{пкс} + L_{пт} \quad L_{лм} = 604.8 \quad \text{км}$$

Число сдаточных участков

$$n_{ул. min} := \frac{L_{лм}}{L_{ул. min}} \quad n_{ул. min} = 6.24 \quad \text{округляем} \quad n_{ул. min} := 7$$

$$n_{ул. ср} := \frac{L_{лм}}{L_{ул. ср}} \quad n_{ул. ср} = 5.53 \quad \text{округляем} \quad n_{ул. ср} := 6$$

$$n_{ул. max} := \frac{L_{лм}}{L_{ул. max}} \quad n_{ул. max} = 5.06 \quad \text{округляем} \quad n_{ул. max} := 5$$

Срок строительства участка линии протяженностью $L_{ул}$ $t_{суд} := 3.75$ года

Срок строительства всей железнодорожной линии

$$t_{сл. min} := t_{суд} + n_{ул. min} - 1 \quad t_{сл. min} = 9.75 \quad \text{года}$$

$$t_{сл. ср} := t_{суд} + n_{ул. ср} - 1 \quad t_{сл. ср} = 8.75 \quad \text{года}$$

$$t_{сл. max} := t_{суд} + n_{ул. max} - 1 \quad t_{сл. max} = 7.75 \quad \text{года}$$

Два последних варианта расчета дали удовлетворительный результат с точки зрения директивного срока $t_{сл} < t_{дир} = 9$ лет. Принимаем тот вариант, где расчетный срок строительства ближе к директивному.

Окончательно принимаем число участков $n_{ул} := 6$

В этом случае протяженность участка линии $L_{ул}$ составит

$$L_{ул} := \frac{L_{лм}}{n_{ул}} \quad L_{ул} = 100.8 \quad \text{км/год}$$

Используя процедуру трассировки, по графику $L_{ул} = t(Q_{мр})$ определяем значение объемной выработки на монтаже РШР

$$Q_{мр} := 32.836 \quad \text{зв/дн}$$

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа Mathcad 3.1-3.2.OPYS.xmcd в случае наличия ограничения по сроку строительства (продолжение)

Строим, рис. 3.3, окончательную функцию $L_{ул2} = f(Q_{мп})$, соответствующую необходимому скоростному режиму звеновозного поезда

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ Q_{мп2} \end{pmatrix}$$

$$L_{ул2} := \begin{bmatrix} \frac{L_{ул} \cdot Q_{мп2}}{(Q_{мп2} - Q_{мп})} \\ 0 \end{bmatrix}$$

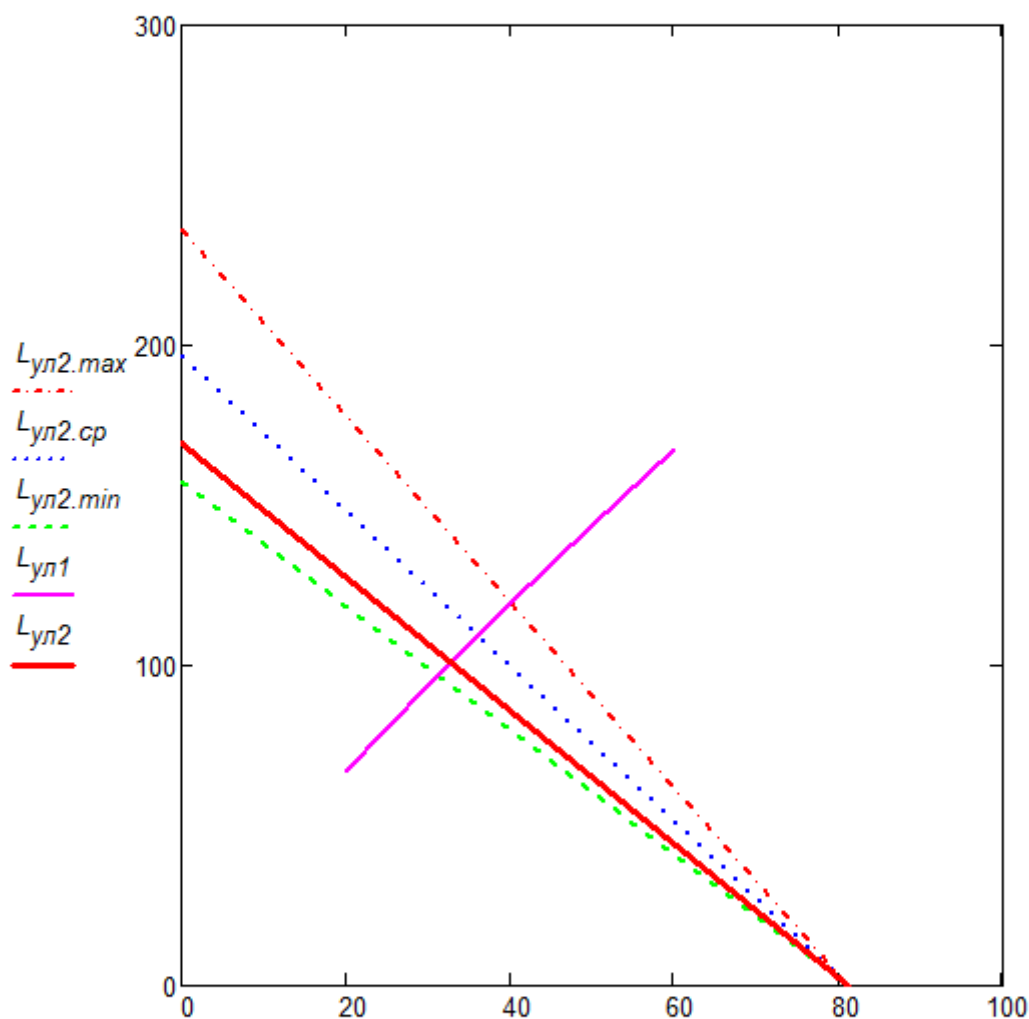


Рис. 3.3. Определение скоростного режима звеновозного поезда (V_1, V_2)

Для достижения полученных в ходе расчета оптимальных значений $L_{ул}$ и $Q_{мп}$ необходимо использовать скоростной режим звеновозного поезда, показанный на рис. 3.2. Значения скоростей V_1 и V_2 определяются интерполяцией.

Окончательно принимаем $V_1 := 10.7$ км/ч $V_2 := 21.5$ км/ч

Рисунок 7.9 – Пример редакции документа *Mathcad 3.1.-3.2.OPYS.xmcd* в случае наличия ограничения по сроку строительства (*окончание*)

Литература

1. Першин С.П., Хромова В.И. Расчёт климатических характеристик [Текст]: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Часть IV. – М.:МИИТ. 1985. – 36с.
2. Першин С.П., Спиридонов Э.С., Хромова В.И. Организация работ на строительстве однопутной железной дороги [Текст]: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – М.: МИИТ. 1991. – 42с.
3. Спиридонова М.А., Хромова В.И. Автоматизированное проектирование организации строительства железной дороги [Текст]: Методические указания для курсового и дипломного проектирования. – М.: МИИТ. 2004. – 26с.
4. Першин С.П., Финицкий А.С. Сооружение земляного полотна [Текст]: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Часть II. – М.: МИИТ, 1985. – 42с.
5. Першин С.П., Бакулин С.Н. Организация строительства труб и мостов [Текст]: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Часть III. – М.: МИИТ, 1985. – 32с.
6. Симонов К.В., Полянский А.В. Автоматизированное решение задач организации и планирования железнодорожного строительства [Текст]: Учебное пособие. – М.: МГУПС (МИИТ), 2016. – 292 с.
7. Руководство по технологии укладки и балластировки железнодорожного пути [Текст]: / Всесоюзн. научно-исслед. ин-т трансп. стр-ва. – М.: ЦНИИС, 1979. – 212с.
8. Акуратов А.Ф., Симонов К.В. Концептуальные основы проектирования и строительства железных дорог в регионе Западной Сибири [Текст]: Учебное пособие по дисциплинам «Строительство железнодорожных дорог», «Организация и планирование железнодорожного строительства». – М.: МИИТ, 2000. – 158 с.
9. СП 119.13330.2017 Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 «Железные дороги колеи 1520 мм» / – М., 2017. – 54 с.
10. Автоматизированное проектирование организации строительства железных дорог [Текст]: /С.П. Першин, М.И. Иванов, А.Ф. Акуратов и др. – М.: Транспорт, 1991. – 261с.

Симонов Константин Владимирович

**Использование системы Mathcad для автоматизированного проектирования
организации работ при строительстве новой железной дороги**

Учебное пособие издано в авторской редакции

Сетевое издание

Ответственный за выпуск – Алимова Н.К.

Учебное издание

Системные требования:

операционная система Windows XP или новее, macOS 10.12 или новее, Linux.

Программное обеспечение для чтения файлов PDF.

Объем данных 4 Мб

Принято к публикации «28» мая 2024 года

Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/30MNNPU24.pdf> свободный. – Загл. с экрана. –
Яз. рус., англ.

ООО «Издательство «Мир науки»

«Publishing company «World of science», LLC

Адрес:

Юридический адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

Почтовый адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

<https://izd-mn.com/>

**ДАННОЕ ИЗДАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НА
ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЯХ**