

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛАРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Изыскания и проектирование транспортных коммуникаций»

Н.В. ДОВГЕЛЮК

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЖДУПУТЬЯ НА КРИВОЙ

Пособие по курсовому и дипломному проектированию

Утверждено советом Строительного факультета

Гомель 2004

УДК 325.11:656.2.022.8 (075.8)

Д

Рецензент – заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог»,
к.т.н., доцент **К.И. Томберг** (БелГУТ).

Довгелюк Н.В.

Д Проектирование изменения междупутья на кривой: Пособие по курсовому и дипломному проектированию/*Довгелюк Н.В.*–Гомель:БелГУТ, 2004 - с.

Приведены общие принципы проектирования и расчет изменения междупутья на кривой, программа на ЭВМ IBM и пример расчета.

Предназначено для использования в работе над курсовыми и дипломными проектами студентами строительного факультета.

УДК 325.11:656.2.022.8 (075.8)

© Н.В. Довгелюк, 2004

1 ЗАДАЧИ РАСЧЁТА ИЗМЕНЕНИЯ МЕЖДУПУТЬЯ НА КРИВОЙ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИХ РЕШЕНИЯ.

Изменение междупутий при проектировании плана второго пути может быть выполнено разными способами, а именно: на прямом участке, на кривой, в конце или начале прямой, в пределах прямой вставки между смежными кривыми. Чаще других способов применяется изменение междупутья на кривой. Этот способ характерен тем, что угол поворота проектируемой кривой назначается равным углу поворота кривой на существующем пути.

Расчёт изменения междупутья на кривой, включает последовательное решение следующих задач:

- 1) проектирование выправки существующей кривой;
- 2) определение всех элементов проектируемой кривой, включая пикетажное значение начала и конца кривой и разницу в длине проектируемого и существующего путей на участке изменения междупутья (неправильный пикет);

- 3) подсчёт нормалей, т.е. расстояний между осями существующего и проектируемого путей (по нормали к существующему), в предположении, что на обоих путях правильные круговые кривые;

- 4) определение междупутных расстояний, т.е. расстояний от оси существующего пути в его натурном (без выправки) положении до проектного положения проектируемого (второго) пути. Эти расстояния, учитывающие рихтовки существующего пути и сдвижки проектируемой круговой кривой от устройства переходных кривых, используются для полевой разбивки оси проектируемого пути.

Если кроме изменения междупутья предусматривается и смещение оси существующего пути, то в задачах 2-4 определяются дополнительно соответствующие параметры и для смещённого пути.

Первая задача включает определение (подбор) радиуса кривой и значений рихтовок, которые надо осуществить для приведения кривой в правильное геометрическое очертание. Решение этой задачи необходимо в любом случае, т.е. и тогда, когда изменение междупутья не предусматривается.

Как самостоятельный раздел такая задача входит и в курсовой проект, выполняемый студентами 5 курса строительного факультета. Общие принципы и методы её решения изложены в учебной и методической литературе [2.5-10] и поэтому в данных методических указаниях не рассматриваются.

Отметим лишь, что если проектирование выправки кривой необходимо для расчёта изменения междупутья, то рихтовки существующей кривой с учётом устройства переходных кривых следует определять лишь в том случае, когда ось существующего пути не смещается. Если же смещение оси

существующего пути предусмотрено, то достаточно определить рихтовки без учёта устройства переходных кривых.

Вторая задача решается на основе геометрии проектируемого плана в узлке с планом существующего пути. Конкретные значения всех элементов проектируемого плана зависят от расчётной схемы изменения междупутья (см. разд. 2, 3).

Для подсчёта нормалей (третья задача) широко используются угловые диаграммы кривых: предполагается, что приращение нормалей равно разности площадей угловых диаграмм проектируемой и существующей кривых. Этот способ рекомендуется при выполнении курсовых проектов. Однако следует иметь ввиду, что в последние годы в проектных организациях стали применяться аналитические способы непосредственного (без угловых диаграмм) определения нормалей. Эти новые способы очень трудоёмки для “ручного” счёта, но легко реализуются с использованием ЭВМ. Они рекомендуются при выполнении дипломных проектов. Один из таких способов – тригонометрический - изложен в данных методических указаниях (см. разд. 7).

Четвёртая задача – определение междупутных расстояний - в курсовых проектах может быть выполнена в случае, если изменение междупутья осуществляется на кривой, проектирование выправки которой предусмотрено заданием. Чтобы облегчить подсчёты междупутных расстояний, исключить ошибки в знаках рихтовок существующей кривой и сдвижек проектируемой кривой от устройства переходных кривых, следует составить схему плана [2 и др.].

2 ВАРИАНТЫ РАСЧЁТНЫХ СХЕМ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЖДУПУТЬЯ НА КРИВОЙ

Все возможные варианты расчётных схем изменения междупутья на кривых и совмещённые угловые диаграммы существующей и проектируемой кривых приведены на рисунке 1-8. Они составлены применительно к правым кривым, но могут быть использованы и для левых кривых, для чего достаточно каждую из схем повернуть на 180° .

Как уже отмечалось, характерной особенностью изменения междупутья на кривой является равенство углов поворота проектируемой и существующей кривых, т.е, существующие и проектируемые пути, как до, так и после кривых, параллельны и отстоят друг от друга на расстоянии, равном междупутью (M_1 – до кривой и M_2 – после кривой). Это обстоятельство позволяет при составлении расчётных схем точно и однозначно определить положение вершины угла поворота проектируемой кривой как точки пересечения осей проектируемого пути.

Иначе обстоит дело с радиусом проектируемой кривой. Величина его не определяется однозначно и в целях получения целесообразного решения может изменяться в широких пределах. Критерием целесообразности является, во-первых, достижение минимальных объёмов работ по проектируемому пути, во-вторых, обеспечение высоких эксплуатационных качеств проектируемого плана. Однако учесть указанные критерии в каждом конкретном случае практически невозможно, поскольку они являются противоречивыми: меньшим объёмам работ соответствуют схемы с меньшими радиусами кривых, т.е. с худшими эксплуатационными характеристиками плана, и наоборот. При составлении расчётных схем необходимо учитывать требования СНиП [1] в части радиусов кривых и прямых вставок. Таким образом, возможны различные варианты расчётных схем изменения междупутья на кривой, обеспечивающие выполнение тех или иных требований.

Все расчётные схемы предусматривают определение на первом этапе расчёта радиуса такой проектируемой кривой, начало или конец которой в пикетаже совпадает с началом или концом существующей кривой. Эта кривая условно называется фиктивной, а её радиус – фиктивным радиусом R_{ϕ} . На рис.1-8 фиктивная кривая показана пунктиром, центр её обозначен буквой O_1 , а расстояние между центрами фиктивной и существующей кривых (отрезок OO_1)-буквой z .

Полученное расчётом добавочное значение R_{ϕ} округляется затем до проектируемого $R_{пр}$. Формулы для определения R_{ϕ} и соотношение между R_{ϕ} и $R_{пр}$ приведены на каждой расчётной схеме. О структуре этих формул и правилах округления R_{ϕ} подробно сказано ниже в разделе 3. Здесь же отметим лишь некоторые основные особенности каждой расчётной схемы.

В схемах на рис. 1-4 второй путь проектируется справа от существующего, т.е. внутри кривой, а в схемах на рис.5-8 – слева от существующего, т.е. снаружи кривой. Расчётные схемы на рисунках 1,2 и 5,6 обеспечивают увеличение междупутья ($M_1 < M_2$), а схемы на рисунках 3,4 и 7,8 – уменьшение ($M_1 > M_2$).

В схеме на рисунке 1 совмещены в пикетаже начала существующей и фиктивной кривых. Характерным здесь является то, что радиус R_{ϕ} всегда меньше радиуса существующей кривой R_c .

Схема на рисунке 2 принципиально отличается от схемы на рисунке 1 тем, что в пикетаже совмещены концы фиктивной и существующей кривых. При тех же исходных данных, что и на рисунке 1, такая схема, естественно, приводит к увеличению объёмов работ, так как увеличивается участок изменения междупутья, но она обеспечивает более высокие эксплуатационные качества плана за счёт увеличения радиуса кривой.

Расчётные схемы на рисунках 3 и 4 предусматривают уменьшение междупутья. Различие их состоит в том, что на рисунке 3 в пикетаже совмещены начала существующей и фиктивной кривых, а на рисунке 4 – их концы. По

этой причине по схеме на рисунке 4 требуется меньший участок изменения междупутья и, следовательно, обеспечивается сокращение объёмов земляных работ, но за счёт ухудшения эксплуатационных качеств проектируемого плана.

Каждая из схем на рисунках 5 и 6 предусматривает увеличение междупутья. По схеме на рис.5, где в пикетаже совмещены начала существующей и фиктивной кривых, достигаются более высокие эксплуатационные качества, но за счёт увеличения объёмов работ по сравнению со схемой на рис.6.

В схемах на рис.7 и 8 с уменьшением междупутья меньший участок изменения междупутья обеспечивается при совмещении в пикетаже начала существующей и фиктивной кривых (см. рис.7), а более высокие эксплуатационные качества плана достигаются при совмещении в пикетаже концов кривых (см рис. 8).

Отмеченные особенности каждой расчётной схемы и следует учитывать при решении каждой конкретной задачи.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПЛАНА

После составления расчётной схемы производится аналитический расчёт элементов проектируемого плана, который включает определение радиуса фиктивной кривой $R_{\text{ф}}$, радиуса $R_{\text{пр}}$, тангенса $T_{\text{пр}}$ и длины $K_{\text{пр}}$ проектируемой кривой, пикетажа начала и конца проектируемой круговой кривой, а также разницы в длине проектируемого и существующего путей на участке изменения междупутья.

Последовательность указанных расчётов иллюстрируется применительно к расчётной схеме на рисунке 1, где приведены необходимые обозначения (на остальных расчётных схемах эти обозначения опущены).

3.1 Определение радиуса фиктивной кривой

Для определения двух неизвестных величин z и $R_{\text{ф}}$ обычно составляются два уравнения, выражающие значение радиуса существующей кривой $R_{\text{с}}$ через его составляющие.

Рисунки 1-8

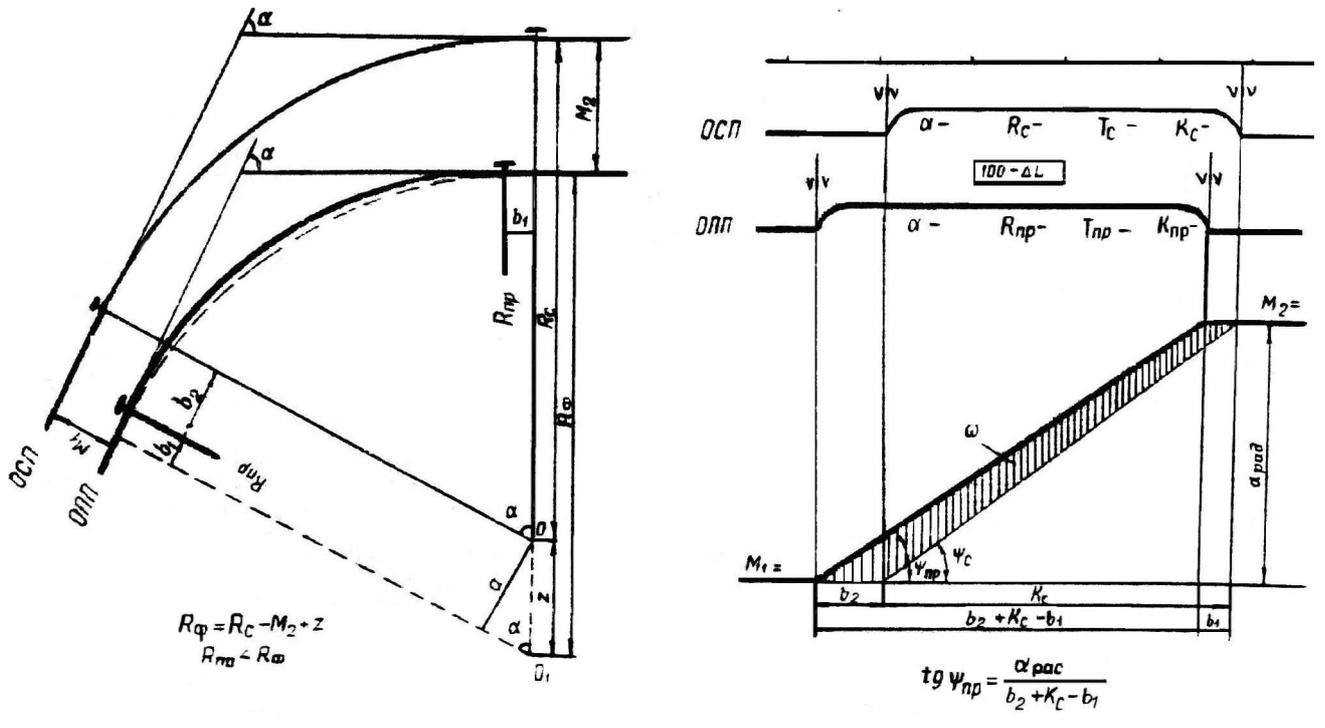


Рисунок 2 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая-право, II путь - справа, $M_1 < M_2$, $R_{np} < R_{\phi}$.

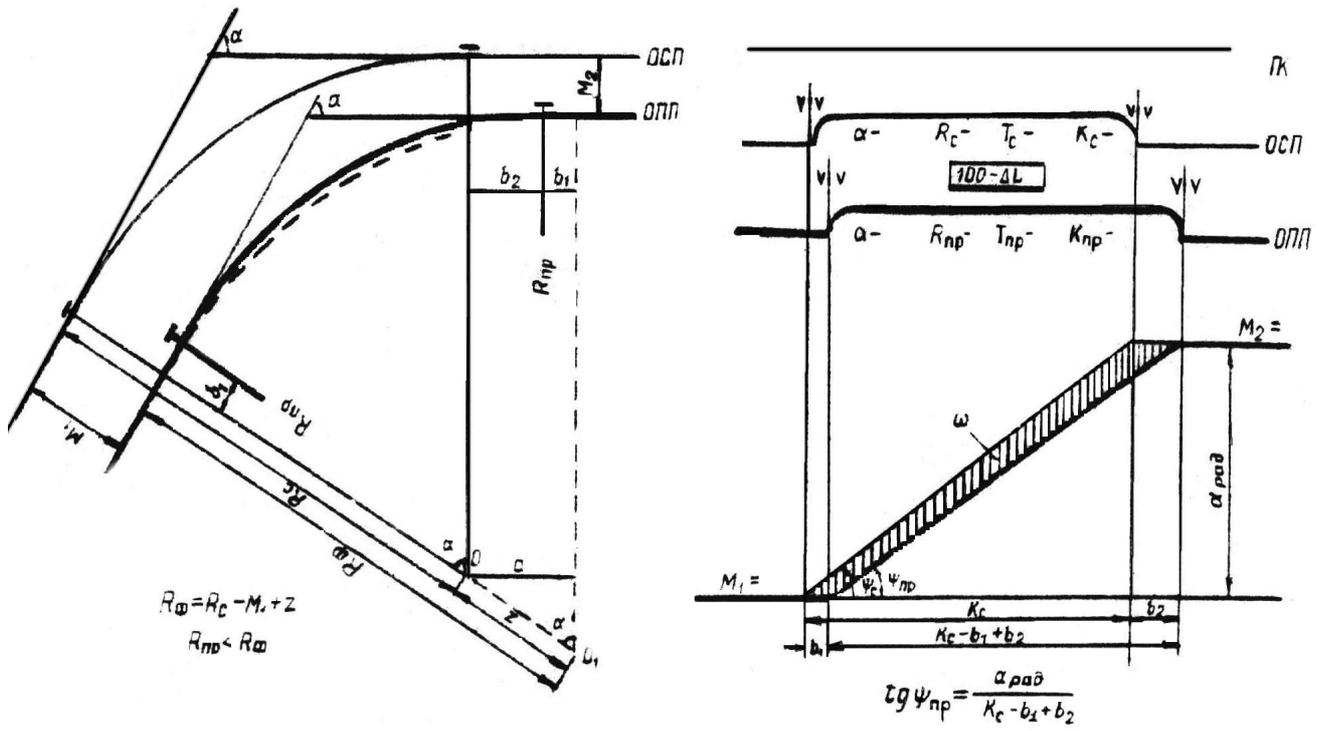


Рисунок 3 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая-право, II путь - справа, $M_1 > M_2$, $R_{np} < R_{\omega}$.

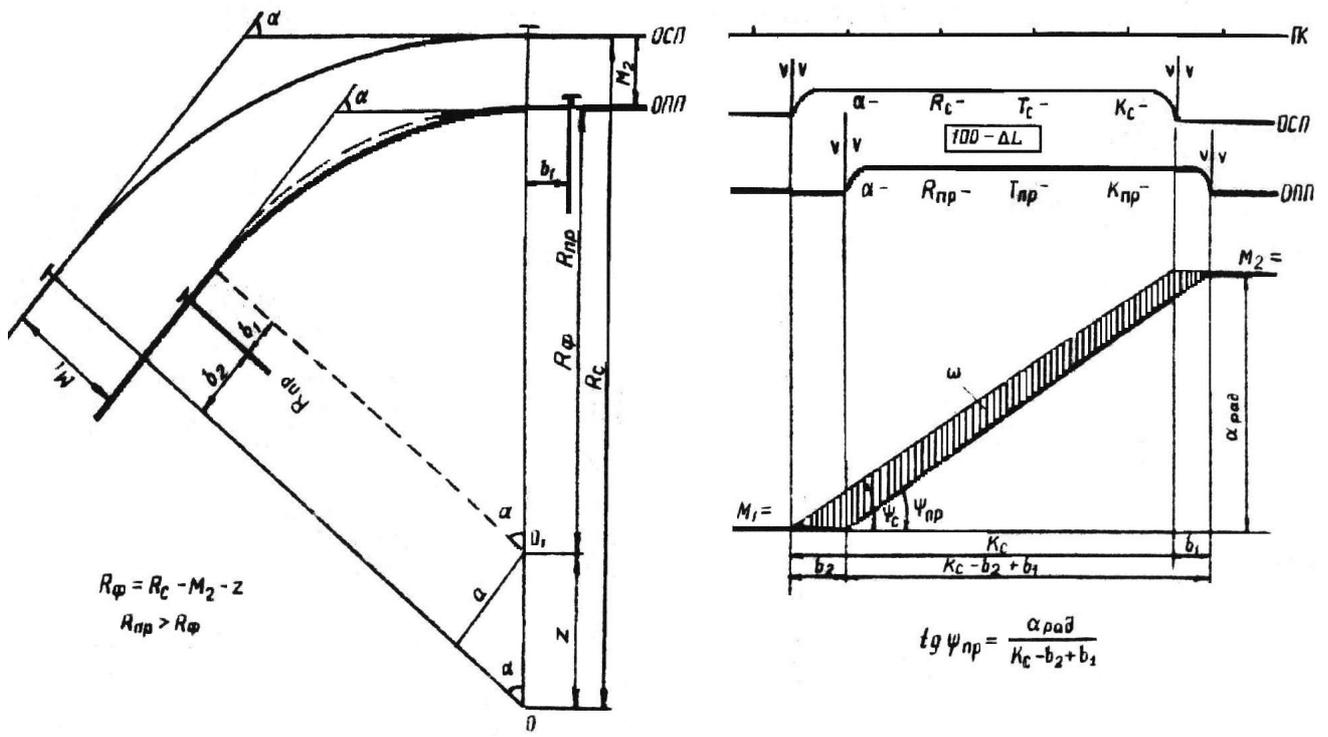


Рисунок 4 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая—право, II путь - справа, $M_1 > M_2$, $R_{np} > R_{\phi}$.

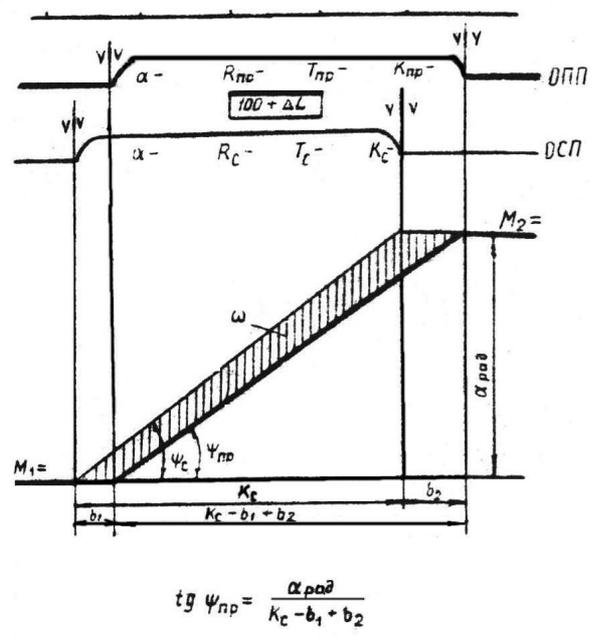
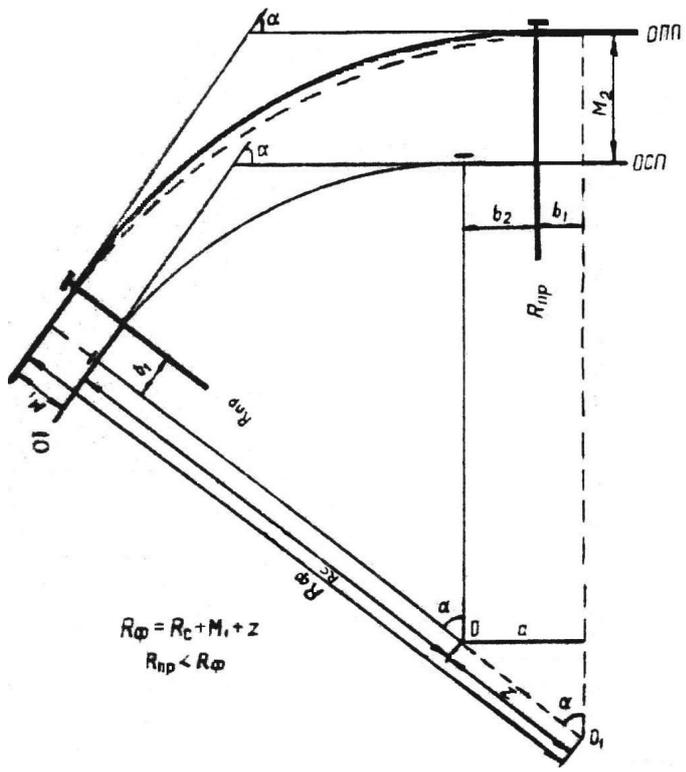


Рисунок 5 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая—право, II путь - слева, $M_1 < M_2$, $R_{np} < R_{\phi}$.

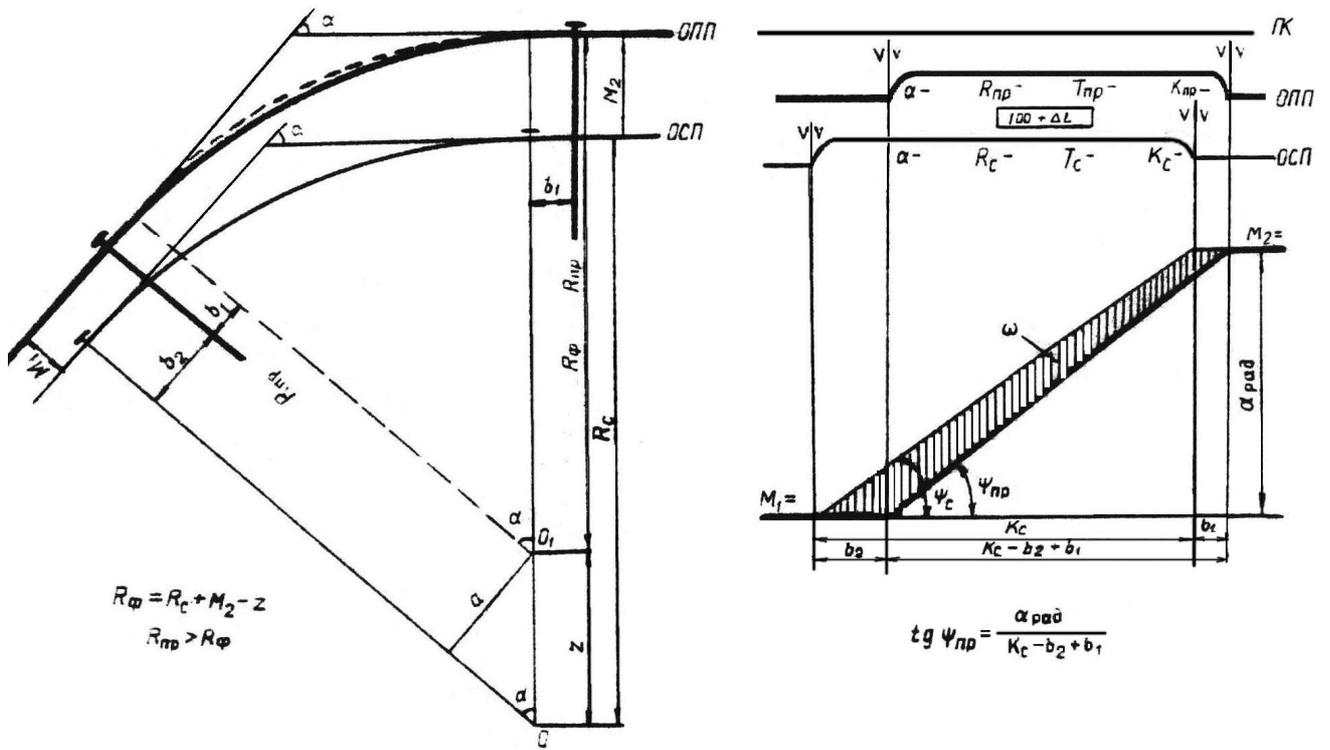


Рисунок 6 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая-право, II путь - слева, $M_1 < M_2$, $R_{np} > R_{\phi}$.

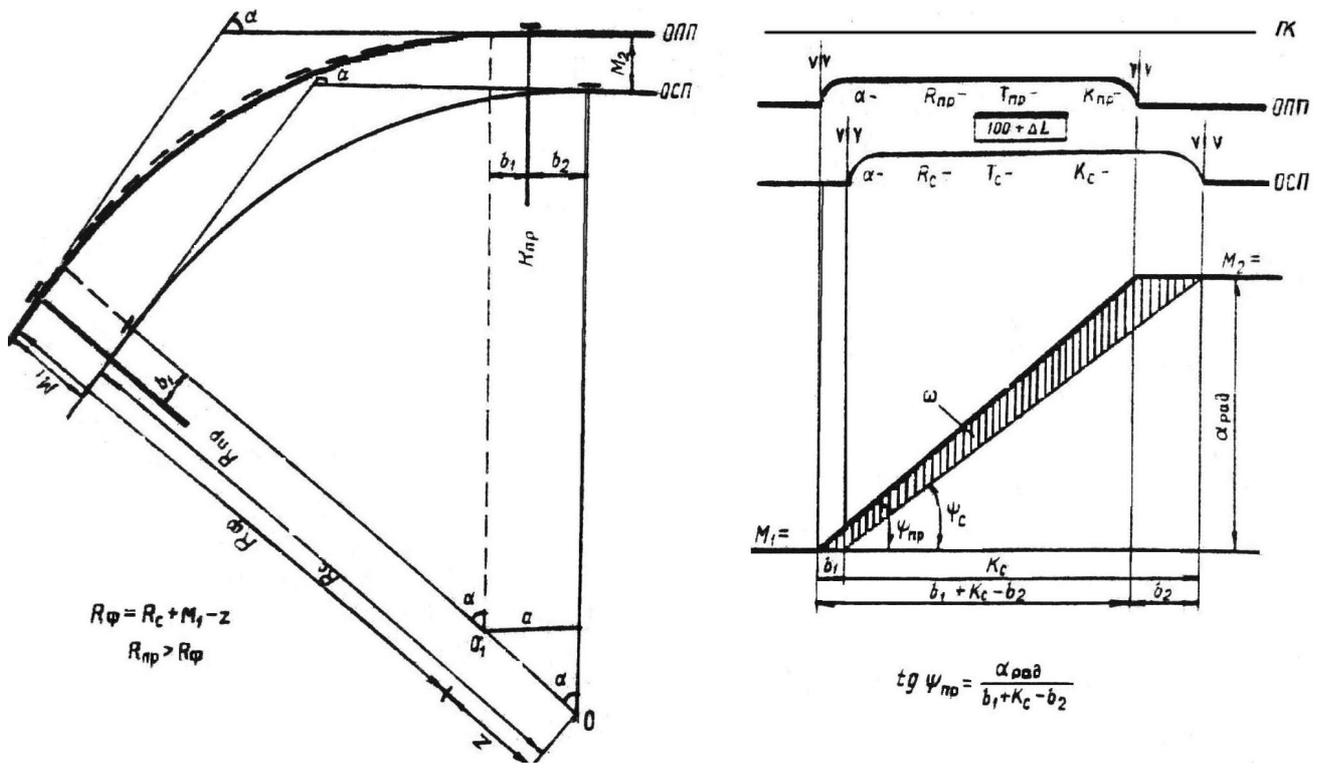


Рисунок 7 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая-право, II путь - слева, $M_1 > M_2$, $R_{np} > R_{\varphi}$.

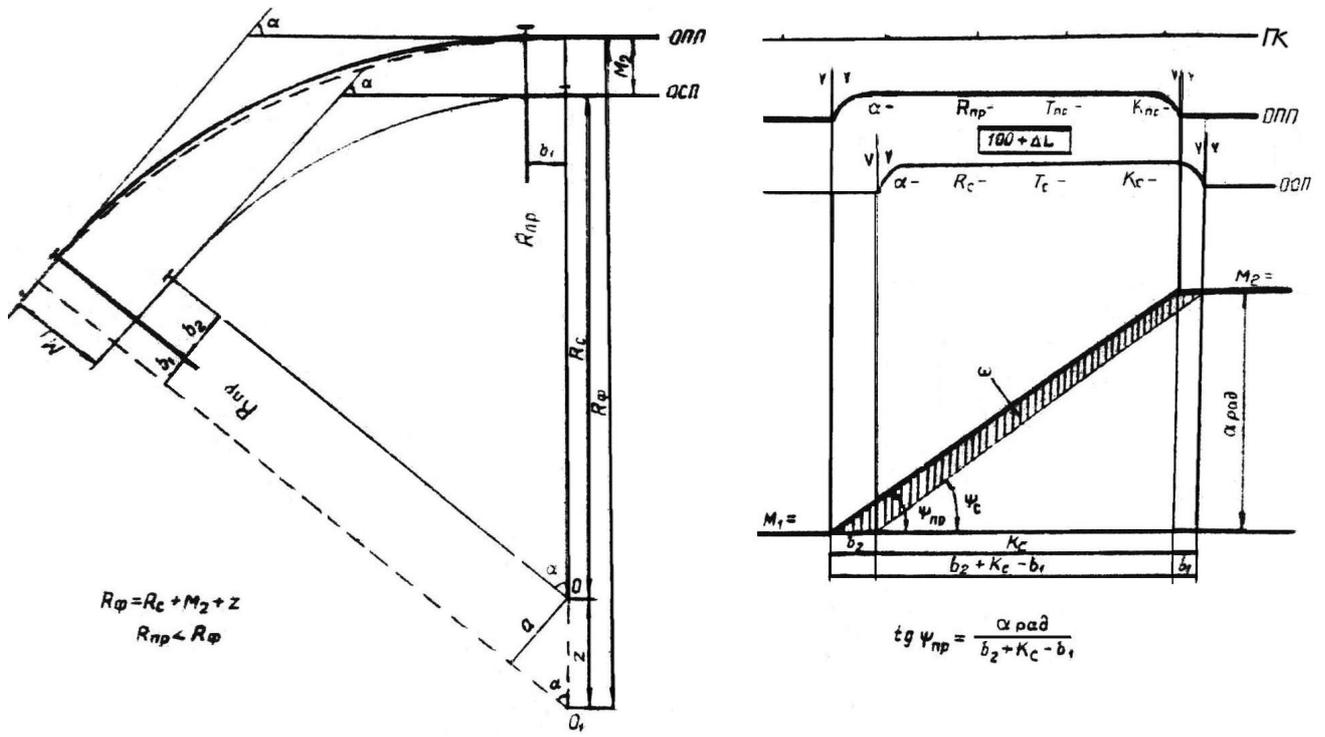


Рисунок 8 - Расчетная и продольная схемы, угловая диаграмма. Кривая-право, II путь - слева, $M_1 > M_2$, $R_{\phi\phi} < R_\phi$.

В соответствие с рисунком 1 имеем

$$AO=R_c=M_1+R_\phi+z,$$

$$CO=R_c=M_2+R_\phi+z\cos\alpha$$

Вычитая одно уравнение из другого, получим

$$M_2-M_1=z(1-\cos\alpha)$$

$$z = \frac{y}{1-\cos\alpha},$$

где y -разность междупутий ($y=M_2-M_1$).

Тогда $R_\phi=R_c-M_1-z$ (из первого уравнения) или $R_\phi=R_c-M_2-z\cos\alpha$ (из второго уравнения).

Следует отметить, что структура уравнений для определения z и R_ϕ и знаки отдельных составляющих зависят от расчётной схемы, но во всех случаях формула для определения z будет одной и той же. Поэтому составление указанных уравнений при выполнении расчётов необязательно, а сам расчёт необходимо начинать с определения z . Для определения же фиктивного радиуса R_ϕ следует использовать формулы, которые приведены на расчётных схемах.

3.2 Определение радиуса проектируемой кривой

Кривая фиктивного радиуса R_ϕ обеспечивает необходимое изменение междупутья.

Величина R_ϕ определяется с точностью до 0,01 м, т.е. она получает дробное значение. Радиус R_ϕ подлежит округлению до $R_{пр}$.

При округлении R_ϕ возникает два вопроса: в какую сторону округлять радиус и какова должна быть величина округления. И то, и другое имеет существенное значение, в чём легко убедится, анализируя любую из расчётных схем.

Обратимся, например, к расчётной схеме, предоставленной на рисунке 1. Там указано, что надо принять $R_{пр}>R_\phi$, т.е. следует округлять R_ϕ в большую сторону.

В соответствие с таким округлением на рисунке 1 показано положение начала и конца проектируемой кривой, а сама кривая выделена жирной сплошной линией (аналогичные построения выполнены и на других расчётных схемах). Если на рисунок 1 округлить R_ϕ в меньшую сторону, то непосредственно за началом существующей кривой появится участок пути, где междупутье окажется меньше M_1 . В этом случае на совмещённой угловой диаграмме будут пересекаться угловые линии существующей и проектируе-

мой кривых. Такое решение обеспечивает снижение объёма работ по второму пути за счёт уменьшения междупутий и сокращения длины участка изменения междупутья. Но оно неприемлемо, если $M_1=4,10$ м (нормальное междупутье). Неприемлемым оно является и в том случае, когда M_1 – контрольное междупутье, уменьшение которого приведёт к усложнению технологии выполнения строительных работ по возведению земляного полотна под второй путь без перерыва движения поездов по существующему пути.

Необходимо отметить также следующее. Расчётные схемы изменения междупутий аналогичны расчётным схемам смещения оси при реконструкции плана существующего пути. Если смещение проектируется по схеме, аналогичной рисунку 1, то при округлении R_ϕ в меньшую сторону направление смещения будет разносторонним в начале и конце кривой и, следовательно, потребуются уширение существующего земляного полотна с обеих сторон, что нецелесообразно.

Таким образом, при расчётной схеме на рисунке 1 для обеспечения правильного решения во всех случаях необходимо округлять R_ϕ в большую сторону. Но величина округления не должна быть значительной, так как чем она больше, тем больше будут объёмы работ. На рисунок 1 это легко устанавливается по взаимному положению проектируемой и фиктивной кривых: чем больше округление радиуса, тем больше смещается проектируемая кривая по отношению к фиктивной (пунктирной) кривой внутрь, т.е. в направлении увеличения междупутья.

Анализ, аналогичный приведенному выше, для расчётной схемы на рис. 1, позволил установить соотношение между R_ϕ и $R_{пр}$, т.е. характер округления фиктивного радиуса для всех расчётных схем. Эти соотношения ($R_{пр}>R_\phi$ или $R_{пр}<R_\phi$) и приведены на рисунках 1-8.

В отношении характера округления R_ϕ в учебной и справочной литературе [2 и др.] дана такая рекомендация: округление R_ϕ до $R_{пр}$ надо производить в большую сторону, если второй путь проектируется внутри существующей кривой, и в меньшую сторону при проектировании второго пути снаружи. Эта рекомендация (правило) иногда формулируется иначе: округление R_ϕ до $R_{пр}$ надо производить в сторону приближения к радиусу существующей кривой.

Отметим сразу, что указанное правило округления R_ϕ не является универсальным и соблюдение его может привести в ряде случаев к проектным ошибкам. Оно справедливо лишь для схем на рисунках 1,4,5 и 8. Например, для расчётной схемы на рисунке 1, где второй путь проектируется внутри существующей кривой, округление R_ϕ производится в большую сторону и именно в сторону приближения к R_c , так как здесь всегда $R_\phi < R_c$, о чём свидетельствует структура формулы для определения R_ϕ . Аналогичное положение – и в схеме на рисунке 4. В свою очередь, в расчётных схемах на рисун-

ках 5 и 8, где второй путь проектируется снаружи существующей кривой, округление R_{ϕ} производится в меньшую сторону, но также в сторону приближения к R_c , так как в соответствии со структурой формул для определения R_{ϕ} здесь всегда $R_{\phi} > R_c$. Общим для всех указанных расчётных схем является то, что в них предусматривается совмещение в пикетаже начала или конца существующей и фиктивной кривых со стороны меньшего междупутья.

Для вариантов же расчётных схем, предусматривающих совмещение в пикетаже начала или конца существующей и фиктивной кривых со стороны большего междупутья (см. рис. 2,3,6 и 7), недействительно правило округления R_{ϕ} в большую сторону при расположении проектируемого пути внутри существующей кривой, и в меньшую сторону – при расположении снаружи. В самом деле, если, например, в схеме на рисунке 2, в соответствии с указанным правилом, округлить R_{ϕ} в большую сторону, то в конце проектируемой кривой появится участок пути, где междупутье будет больше M_2 , что, естественно, приведёт к увеличению объёмов работ. Правильное или рациональное решение достигается здесь при округлении R_{ϕ} в меньшую сторону, что и указано на рис. 2 ($R_{\text{пр}} < R_{\phi}$).

Что же касается правила об округлении R_{ϕ} в сторону приближения к R_c , то, как оказалось, оно справедливо и для расчётных схем на рисунках 2,3,6 и 7, но лишь при некоторых сочетаниях исходных данных. Это показал подробный анализ формул для определения R_{ϕ} , в которые значения z и одного из междупутий (всегда большего) входят с разными знаками и потому соотношение между R_{ϕ} и R_c , а следовательно, и характер округления R_{ϕ} , зависит от соотношения z и большего из междупутий. Это соотношение неоднозначно, оно зависит от угла поворота кривой α и разности междупутий.

Таким образом, правило об округлении R_{ϕ} в сторону приближения к R_c и об округлении R_{ϕ} в большую или меньшую сторону при расположении проектируемого пути внутри или снаружи существующей кривой не является однозначным. С учётом этого обстоятельства рекомендуется в практических расчётах использовать правило округления радиуса R_{ϕ} только по характеру его изменения по отношению к радиусу существующей кривой R_c .

Как уже отмечалось, для вариантов расчётных схем с совмещением в пикетаже начала или конца существующей и фиктивной кривых со стороны меньшего междупутья (см. рис. 1,4,5,8) R_{ϕ} надо всегда округлять в сторону приближения к R_c .

Характер округления R_{ϕ} для расчётных схем на рисунках 2,3,6, и 7, где начало или конец указанных кривых совмещается в пикетаже со стороны большего междупутья, следует устанавливать по рисунку 9. Он содержит серию кривых $y=f(\alpha)$ при разных значениях меньшего междупутья. Каждая из этих кривых разграничивает сферы сочетания исходных данных по α и y , при которых округление R_{ϕ} надо производить или в сторону приближения к

значению радиуса существующей кривой, или в сторону отдаления от него. Практическое использование рисунка 9 иллюстрируется следующими примерами.

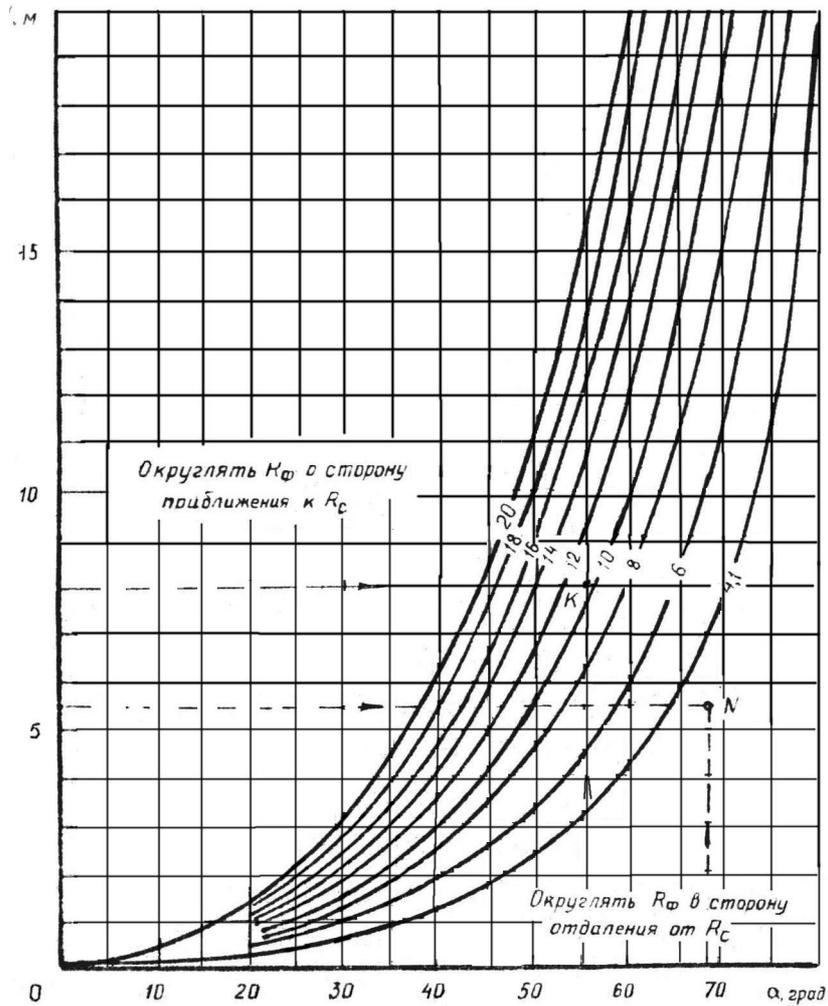


Рисунок 9 – Установление характера округления R_ϕ

Пример 1. Исходные данные: угол поворота $\alpha=55^\circ$; разность междупутей $y=8,0$ м; меньшее междупутье $M=6,0$ м. Указанным данным на рис. 9 соответствует точка K . Следовательно, при расчётах изменения междупутья

по схемам на рис. 2,3,6 и 7 значение R_{ϕ} надо округлять в сторону приближения к R_c .

Пример 2. Исходные данные: угол поворота $\alpha=69^\circ$; разность междупутей $y=5,5$ м; меньшее междупутье $M=4,1$ м. Указанным данным на рис. 9 соответствует точка N. Округление R_{ϕ} надо производить в сторону отдаления от R_c .

Относительно размеров округления R_{ϕ} необходимо иметь в виду следующее. В расчётных схемах, предусматривающих совмещение в пикетаже начала или конца существующей и фиктивной кривых со стороны меньшего междупутья, округление R_{ϕ} по указанному выше правилу всегда приводит к увеличению объёмов работ. Поэтому округление R_{ϕ} должно производиться здесь в небольших размерах с соблюдением следующих рекомендаций.

Т а б л и ц а 1 – Рекомендации по округлению R_{ϕ}

Угол поворота, град	Максимальный размер округления
До 10	25
10-20	10
20-30	5
Более 30	1-2

В этих рекомендациях учтено влияние угла поворота на размеры смещения проектируемой кривой относительно фиктивной при округлении радиуса: при одинаковых размерах округления смещения тем больше, чем больше угол поворота.

В расчётных схемах с совмещением в пикетаже начала или конца существующей и фиктивной кривых со стороны большего междупутья правильное округление R_{ϕ} всегда приводит к уменьшению объёмов работ. На рис. 2,3,6 и 7 это хорошо видно по взаимному положению проектируемой и фиктивной кривых. Поэтому размеры округления здесь можно назначить больше, чем в схемах на рис. 1,4,5 и 8, руководствуясь требованиями СТН [1] в отношении радиуса проектируемой кривой и практическими соображениями в отношении размеров междупутья до и после кривой.

3.3 Определение других элементов проектируемого плана

Округлив R_{ϕ} и $R_{пр}$, последовательно определяют:

1) тангенс и длину проектируемой круговой кривой:

$$\Phi_{пр} = R_{пр} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (1) \quad \text{или} \quad T_{пр} = T_{1000} \frac{R_{пр}}{1000} \quad (2)$$

$$K_{пр} = R_{пр} \alpha_{\text{рад}} \quad (3) \quad \text{или} \quad K_{пр} = K_{1000} \frac{R_{пр}}{1000} \quad (4)$$

где T_{1000} и K_{1000} – соответственно тангенс и длина круговой кривой при $R = 1000$ м и данном угле поворота α , которые определяются

по таблицам для разбивки кривых на железных дорогах [12];

- 2) абсолютные размеры смещения начала и конца проектируемой круговой кривой по отношению к началу и концу существующей круговой кривой (отрезки b_1 и b_2)

$$b_1 = |T_{\text{пр}} - T_{\text{ф}}| = \Delta T; \quad (5)$$

$$b_2 = a - b_1 = z \sin \alpha - b_1. \quad (6)$$

Заметим, что b_1 – всегда разность тангенсов, и формулы для определения b_1 и b_2 одинаковы для всех расчётных схем;

- 3) пикетаж начала и конца проектируемой круговой кривой. Применительно к расчётной схеме представленной на рисунке 1.

$$\text{ПК } H K K_{\text{пр}} = \text{ПК } H K K_c - b_1 \quad (7)$$

$$\text{ПК } K K K_{\text{пр}} = \text{ПК } K K K_c - b_2 \quad (8)$$

Следует подчеркнуть, что пикетаж указанных точек надо определять обязательно с учётом расчётной схемы. Так для схемы на рисунке 4 формулы принимают вид

$$\text{ПК } H K K_{\text{пр}} = \text{ПК } H K K_c + b_2, \quad (9)$$

$$\text{ПК } K K K_{\text{пр}} = \text{ПК } K K K_c + b_1 \quad (10)$$

Отметим, что нельзя определять $\text{ПК } K K K_{\text{пр}}$ через длину кривой $K_{\text{пр}}$

$$\text{ПК } K K K_{\text{пр}} = \text{ПК } H K K_{\text{пр}} + K_{\text{пр}} \quad (11)$$

- 4) удлинение или укорочение проектируемого пути по сравнению с существующим

$$\Delta L = L_{\text{пр}} - L_c, \quad (12)$$

где $L_{\text{пр}}$ и L_c – длина проектируемого и существующего путей между точками, имеющими одинаковый пикетаж.

Значения $L_{\text{пр}}$ и L_c следует определять с учётом особенностей расчётной схемы. Так, для схемы на рисунке 1 (то же на рисунках 4, 6 и 7)

$$L_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} + b_2, \quad (13)$$

$$L_c = K_c + b_1, \quad (14)$$

а для схемы на рисунке 2 (то же на рисунках 3, 5 и 8)

$$L_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} + b_1, \quad (15)$$

$$L_c = K_c + b_2 \quad (16)$$

Удлинение или укорочение на профильных схемах плана фиксируется неправильным пикетом $100 \pm \Delta L$. Если расчёты выполнены правильно, то при расположении проектируемого пути снаружи существующей кривой величина $\Delta L = L_{пр} - L_c$ принимает положительное значение, а при расположении проектируемого пути внутри существующей кривой – отрицательное. Неправильный пикет будет соответственно больше или меньше 100 м.

4 ПОДСЧЕТЫ НОРМАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УГЛОВЫХ ДИАГРАММ КРИВЫХ

Подсчеты нормалей начинаются с построения совмещенной угловой диаграммы, т.е. с построения на одном чертеже угловых диаграмм существующей и проектируемой кривых. Такие угловые диаграммы для каждой расчетной схемы изменения междупутья приведены на рисунках I - 8, а также на рис. 10, где показаны все необходимые для пояснения расчетов данные (рисунок 10 соответствует расчетной схеме на рисунке I).

Совмещенная угловая диаграмма включает профильную схему плана, которая вычерчивается в первую очередь, и собственно угловую диаграмму (рисунок 10).

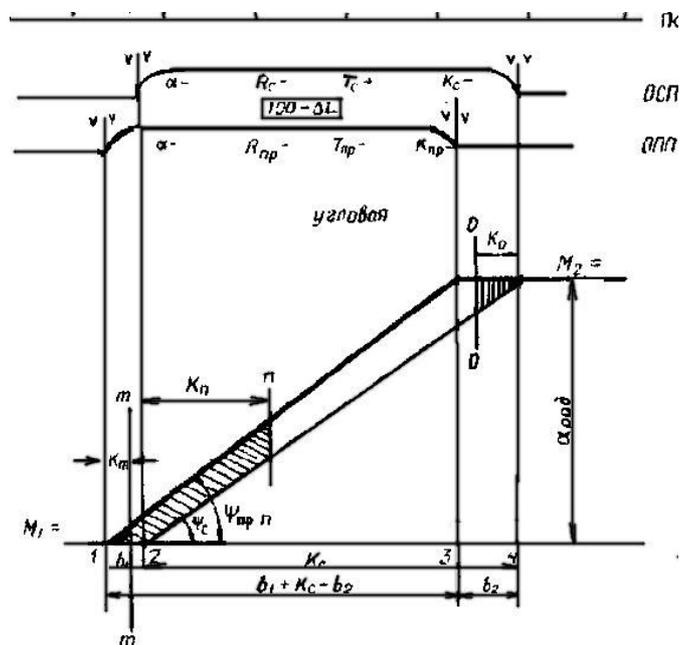


Рисунок 10 – Профильная схема плана и совмещенная угловая диаграмма

Положение осей проектируемого и существующего путей (ОПП, ОСП) на профильной схеме плана должно соответствовать сторонности проектируемого пути. Для каждой кривой указываются ее основные элементы, а также привязка к пикетажу начальных и конечных точек. Между профильными схемами плана обоих путей указывается и неправильный пикет в виде прямоугольника с утолщенной стороной, показывающей тот путь, к которому неправильный пикет относится.

Угловая диаграмма вычерчивается под профильной схемой плана так, чтобы начало и конец угловых линий кривых соответствовали положению начала и конца самих кривых. На ней в принятых обозначениях указываются длина существующей кривой (K_c), отрезки b_1 и b_2 , угол поворота (β), начальное и конечное междупутья (M_1 и M_2), а также углы наклона к оси абсцисс угловых линий проектируемой и существующей кривых ($\beta_{пр}$; β_c). Но нельзя на угловой диаграмме показывать длину проектируемой круговой кривой $K_{пр}$, так как горизонтальная проекция угловой линии этой кривой не равна $K_{пр}$.

При вычерчивании профильной схемы плана и совмещенной угловой диаграммы надо иметь в виду, что они в расчетах носят вспомогательный характер и нужны лишь для того, чтобы безошибочно установить аналитические зависимости для определения площадей угловых диаграмм кривых. Поэтому здесь не требуется соблюдения масштабной зависимости между размерами пикетов и отрезков b_1 и b_2 . Более того, рекомендуется эти отрезки показывать без учета масштаба так, чтобы четко было видно взаимное положение начала и конца проектируемой и существующей кривых. Не требуется соблюдение масштабов и для угла β .

После построения совмещенной угловой диаграммы определяется разность площадей угловых диаграмм проектируемой и существующей кривых или площадь ω (на рисунках I - 8 и на рисунке 10 площади ω выделены штриховкой). При любой расчетной схеме ω определяется как площадь трапеции с основаниями b_1 и b_2 и высотой $\beta_{рад}$:

$$\omega = \frac{b_1 + b_2}{2} \beta_{рад} \quad (17)$$

В соответствии с теорией угловых диаграмм площадь ω должна быть равна разности междупутий $y = (M_1 - M_2)$. Но поскольку длина проектируемого и существующего путей на участке изменения междупутья неодинакова, всегда будет разница между y и ω . Причем невязка тем больше, чем больше угол поворота β и чем больше разность междупутий y .

Полученную расчетом невязку ($y - \omega$) надо проверить по графику невязок [8, рисунке 112]. Совпадение расчетной невязки с невязкой по указанному графику будет свидетельствовать о правильности всех предыдущих вычислений и наоборот.

Если невязка не превышает 0,01 м, то ею пренебрегают. При большей невязке она разгоняется путем введения в расчет фиктивного угла поворота.

Нормали в промежуточных между M_1 и M_2 точки определяются по формулам

– при расположении проектируемого пути внутри кривой

$$N_i = M_1 + \Delta y_i, \quad (18)$$

– при расположении проектируемого пути снаружи кривой

$$N_i = M_1 - \Delta y_i \quad (19)$$

где M_1 - начальное междупутье;

Δy_i - приращение нормали в i -й точке, определяемое как разность площадей угловых диаграмм проектируемой и существующей кривых в данной точке, т.е.

$$\Delta y_i = \omega_{np(i)} - \omega_{c(i)}, \quad (20)$$

Заметим, что если совмещенная угловая диаграмма построена правильно, то знак Δy_i (плюс или минус) автоматически будет показывать увеличение или уменьшение нормали N_i по сравнению с начальным междупутьем M_1 .

Рассмотрим определение нормалей применительно к угловой диаграмме на рис.10, выделив на ней три характерных участка: 1 - 2, 2 - 3, 3-4.

Площадь треугольной части угловой диаграммы в общем случае

$$\omega_i = \frac{K_i^2}{2} \operatorname{tg} \psi, \quad (21)$$

где K_i - расстояние от начала кривой до рассматриваемой точки;

ψ - угол наклона угловой линии к оси абсцисс.

С учетом этой формулы приращения нормалей Δy и нормали N на указанных участках определяются следующим образом

на участке 1 - 2-

$$\Delta y_m = \frac{K_m^2}{2} \operatorname{tg} \psi_{np}; \quad (22)$$

$$N_m = M_1 + \Delta y_m, \quad (23)$$

где K_m - расстояние от начала проектируемой круговой кривой до сечения m - m ;

на участке 2 - 3 –

$$\Delta y_n = \omega_{np(n)} - \omega_{c(n)} = \frac{(b_1 + K_{II})^2}{2} \operatorname{tg} \psi_{np} - \frac{K_n^2}{2} \operatorname{tg} \psi_c \quad (24)$$

$$N_n = M_1 + \Delta y_n, \quad (25)$$

где K_n - расстояние от начала существующей круговой кривой до сечения n - n ;
на участке 3-4 –
определение нормалей здесь проще всего выполнить через площадь щ правее сечения 0-0:

$$\Delta y_o = \psi_{c(o)} = \frac{K_o^2}{2} \operatorname{tg} \psi_c \quad (26)$$

где K_o - расстояние от конца существующей круговой кривой до сечения 0-0
Следовательно

$$N_o = M_2 + (\psi_{np(o)} - \psi_{c(o)}) = M_2 - \Delta y_o \quad (27)$$

или

$$N_o = M_1 + (y - \Delta y_o) \quad (28)$$

Входящие в формулы для определения приращений нормалей тангенсы углов наклона угловых линий определяются по формулам

$$\operatorname{tg} \psi_c = \frac{\alpha_{pad}}{K_c}, \quad (29)$$

$$\operatorname{tg} \psi_{np} = \frac{\alpha_{pad}}{b_1 + K_c - b_2} \quad (30)$$

Если при проверке площади диаграммы невязка ($y - \psi$) получается больше 0,01 м, то расчеты, как уже отмечалось выше, производятся с включением в них фиктивного угла поворота $\beta_{рад}$, величина которого определяется из равенства $\psi = y$ по формуле

$$\alpha_{pad}^{\phi} = \frac{2y}{b_1 + b_2} \quad (31)$$

С учетом этого угла определяются и тангенсы

$$\operatorname{tg} \psi_c^{\phi} = \frac{\alpha_{pad}^{\phi}}{K_c} \quad (32)$$

$$\operatorname{tg}\psi_{np}^{\phi} = \frac{\alpha_{\text{рад}}^{\phi}}{b_1 + K_c - b_2} \quad (33)$$

Следует подчеркнуть, что структура формул для определения нормалей зависит от угловой диаграммы и обозначений, принятых на ней. Зависит от расчетной схемы и угловой диаграммы и формулы для определения $\operatorname{tg} \psi_{np}$ (для каждой расчетной схемы она приведена на рисунках I - 8).

В проектных организациях при расчетах изменения междупутья на кривой нормали определяются на всех пикетах и "двадцатках". В курсовом проекте по согласованию с руководителем курсового проектирования они могут быть определены только на пикетах.

5 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН И ОФОРМЛЕНИЮ РИСУНКОВ

Все вычисления следует производить таким образом, чтобы обеспечить получение конечного результата расчета - значений нормалей - с точностью до 0,01 м.

Это требование определяет необходимость принимать исходные данные или получать промежуточные результаты со следующей точностью: тригонометрические функции и углы поворота в радианной мере - 5 знаков после запятой; линейные величины ($y, z, R_{\phi}, K_{np}, T_{np}, b_1, b_2$ и др.) - 0,01 м; тангенсы углов наклона угловых линий к оси абсцисс - не менее 4-5 значащих цифр (в зависимости от длины кривой).

Для того чтобы расчетная схема была наглядной, рекомендуется угол β принимать равным 50° – 60° , кривую фиктивного радиуса в отличие от проектируемой кривой показывать пунктирной линией, а проектируемую - либо утолщенной линией, либо другим цветом.

На профильной схеме плана обязательно указывается привязка начальных и конечных точек круговых кривых к пикетажу с точностью до 1 см, а сами кривые вычерчиваются такими же линиями, что и на расчетной схеме.

Элементы обеих кривых обозначаются общепринятыми буквами V, P, T и K без индексов.

Величина неправильного пикета указывается абсолютной величиной, например, 102, 70.

В расчетах значениям Δu и N следует придавать индексы в виде соответствующих пикетов, для которых определяются эти величины, например, $\Delta_{\text{упк14}}, N_{\text{пк14}}$. Вместе с буквенным обозначением отдельных величин надо приводить на угловой диаграмме и их числовые значения ($b_1 = 0,61$ и т.д.).

Отрезки b_1 и b_2 , как уже отмечалось в разделе 4, не следует откладывать в масштабе, иначе угловые линии почти сольются, а угловая диаграмма будет

не наглядной, что может привести к ошибкам в расчетах.

6 ПРИМЕР РАСЧЕТА ИЗМЕНЕНИЯ МЕЖДУПУТЬЯ НА КРИВОЙ

6.1 Исходные данные

$\beta = 30^{\circ}24''$	$НКК_СПК 12 + 46,86$
$R_c = 853 \text{ м.}$	$ККК_СПК 16 + 99,44$
$T_c = 231,75 \text{ м.}$	Кривая – право
$K_c = 452,58 \text{ м}$	II путь – слева
$M_1 = 4,10 \text{ м}$	
$M_2 = 6,87 \text{ м}$	
$y = 2,77 \text{ м}$	

6.2. Расчетная схема

Расчетная схема приведена на рисунке 11.

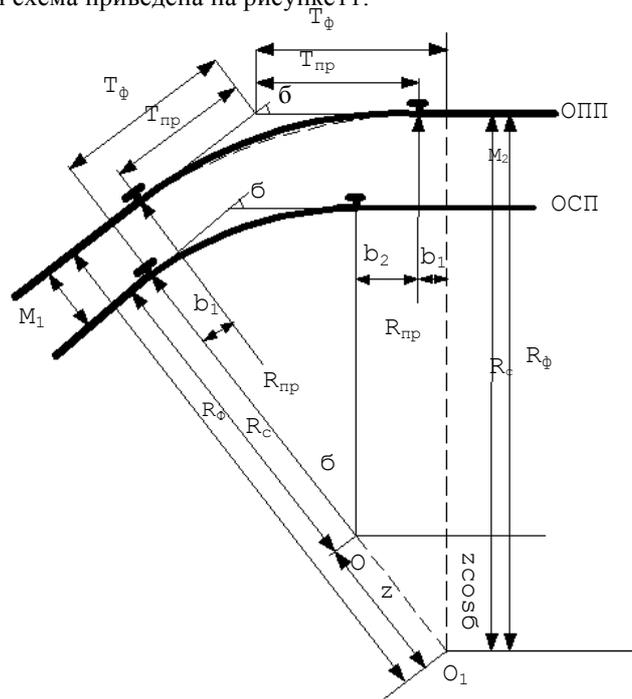


Рисунок 11-Расчетная схема

6.3 Аналитический расчет

Из чертежа слева $R_c = R_\phi - M_1 - z$.

Из чертежа справа $R_c = R_\phi - M_2 - z \cos \beta$.

Вычтя из второго уравнения первое, получим

$$z = \frac{y}{1 - \cos \beta} \quad (34)$$

$$z = 2,77 / (1 - 0,862514) = 20,15 \text{ м.}$$

Из первого уравнения

$$R_\phi = R_c + M_1 + z; \quad (35)$$

$$R_\phi = 853 + 5,10 + 20,15 = 877,25 \text{ м.}$$

В соответствии с правилами округления R_ϕ принимаем $R_{\text{пр}} = 875 \text{ м.}$

Тогда

$$T_{\text{пр}} = R_{\text{пр}} \frac{T_{1000}}{1000} = 875 \frac{271,69}{1000} = 237,73 \text{ м.}$$

$$K_{\text{пр}} = R_{\text{пр}} \beta_{\text{рад}} = R_{\text{пр}} \frac{K_{1000}}{1000} = 875 \frac{530,580}{1000} = 464,26 \text{ м.}$$

$$b_1 = |T_{\text{пр}} - T_\phi| = T_\phi - T_{\text{пр}} \quad (36)$$

$$b_1 = 238,34 - 237,73 = 0,61 \text{ м.}$$

$$b_2 = a - b_1 = z \sin \beta - b_1 = 20,15 \cdot 0,506034 - 0,61 = 9,59 \text{ м.}$$

$$\text{ПКННК}_{\text{пр}} = \text{ПКННК}_c + b_1$$

$$\begin{array}{r} \text{ННК}_c \dots \text{ПК}12 + 46,86 \\ + b_1 \dots \quad \quad \quad 0,61 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{ПКККК}_{\text{пр}} = \text{ПКККК}_c + b_2$$

$$\begin{array}{r} \text{ННК}_c \text{ ПК}12 + 47,47 \\ \text{ККК}_c \dots \text{ПК}16 + 99,44 \\ + b_2 \dots \quad \quad \quad 9,59 \\ \hline \text{ККК}_{\text{пр}} \dots \text{ПК}17 + 09,03 \end{array}$$

$$\Delta L = L_{\text{пр}} - L_c = (b_1 + K_{\text{пр}}) - (K_c + b_2) \quad (37)$$

$$\Delta L = (0,61 + 464,26) - (452,58 + 9,59) = 2,70 \text{ м.}$$

Неправильный пикет 102.70 м.

6.4 Угловая диаграмма и определение нормалей в промежуточных точках

Профильная схема плана и угловая диаграмма приведены на рисунке 12

$$\text{ш} = \frac{b_1 + b_2}{2} \bar{\sigma}_{\text{рад}} = \frac{0,61 + 9,59}{2} \cdot 0,530580 = 2,71 \text{ м.}$$

Невязка $y - \text{ш} = 2,77 - 2,71 = 0,06 \text{ м.}$

Невязка соответствует норме [9, рисунках 112].

$$\bar{\sigma}_{\text{рад}}^{\phi} = \frac{2y}{b_1 + b_2} = \frac{2 \cdot 2,77}{0,61 + 9,59} = 0,543137$$

$$\text{tgш}_c^{\phi} = \frac{\bar{\sigma}_{\text{рад}}^{\phi}}{K_c} = \frac{0,543137}{452,58} = 0,0012001$$

Профильная схема плана

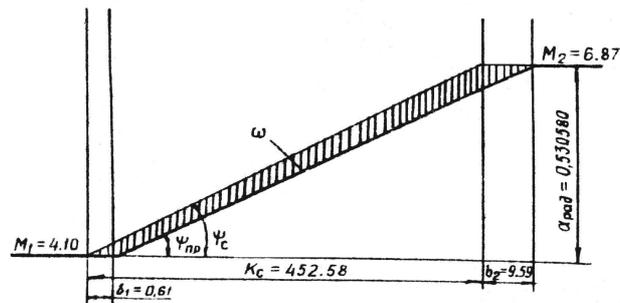
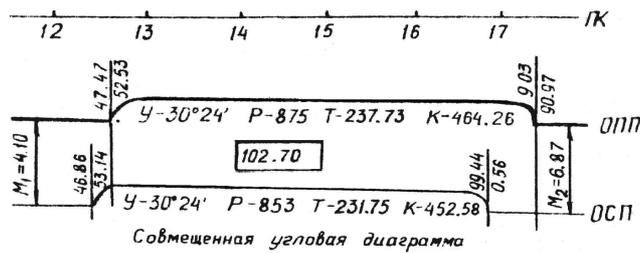


Рисунок 12 – Профильная схема плана и угловая диаграмма

$$\text{tgш}_{\text{пр}}^{\phi} = \frac{\alpha_{\text{рад}}^{\phi}}{K_c + b_2 - b_1} = \frac{0,543137}{452,58 + 9,59 - 0,61} = 0,0011767$$

$$\Delta y_{\text{ПК13}} = \frac{53,14^2}{2} \text{tgш}_c^{\phi} - \frac{(53,14 - 0,61)^2}{2} \text{tgш}_{\text{пр}}^{\phi} = \frac{53,14^2}{2} \cdot 0,0012001 - \frac{(53,14 - 0,61)}{2} \cdot 0,0011767 = 0,07$$

$$N_{ПК13} = M_1 + \Delta y_{ПК13} = 4,10 + 0,07 = 4,17$$

$$\Delta y_{ПК14} = \frac{153,14^2}{2} \cdot 0,0012001 - \frac{(153,14 - 0,61)^2}{2} \cdot 0,001767 = 0,38$$

$$N_{ПК14} = 4,10 + 0,38 = 4,48 \text{ м}$$

$$\Delta y_{ПК15} = \frac{253,14^2}{2} \cdot 0,0012001 - \frac{(253,14 - 0,61)^2}{2} \cdot 0,001767 = 0,93 \text{ м}$$

$$N_{ПК15} = 4,10 + 0,93 = 5,03 \text{ м}$$

$$\Delta y_{ПК16} = \frac{353,14^2}{2} \cdot 0,0012001 - \frac{(353,14 - 0,61)^2}{2} \cdot 0,001767 = 1,71 \text{ м}$$

$$N_{ПК16} = 4,10 + 1,71 = 5,81 \text{ м}$$

$$\Delta y_{ПК17} = y - \frac{9,03^2}{2} \cdot \text{tg}\psi_{\text{пр}}^{\phi} = 2,77 - \frac{9,03^2}{2} \cdot 0,0011767 = 2,72 \text{ м}$$

$$N_{ПК17} = 4,10 + 2,72 = 6,82 \text{ м}$$

7. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ МЕЖДУПУТЬЯ НА КРИВОЙ НА ЭВМ

В последние годы все шире стали применяться различные методы непосредственного, без угловых диаграмм, подсчета междупутий или смещений (нормалей), что стало возможным благодаря ЭВМ. Один из них - тригонометрический метод определения нормалей по известным характеристикам основных элементов плана существующего и проектируемого путей. Это определение связано с многократным вычислением тригонометрических функций при переменных значениях аргумента. Причем для обеспечения необходимой точности расчета нормалей тригонометрические функции должны вычисляться, в свою очередь, с очень высокой точностью. Это обстоятельство делает практически неприемлемым определение нормалей без угловых диаграмм при ручном счете. И, наоборот, при расчетах на ЭВМ определение нормалей тригонометрическим способом наиболее целесообразно, так как оно, обеспечивая, необходимую точность, исключает недостатки, присущие методу угловых диаграмм.

Пользователям, работающим с приведенной программой, необходимо знать не специфику языка "Бейсик", а железнодорожную суть задачи, уметь правильно подготовить исходные данные. Программа позволяет каждому студенту творчески подойти к решению задач, отличающихся от рассмотренных расчетными схемами, но аналогичных по методике расчета.

7.1. Расчетная схема плана

Расчетная схема изменения междупутья, применительно к которой составлена программа, приведена на рисунке 13.

В зависимости от направления кривой, сторонности второго пути или направления смещения, а также в зависимости от соотношения начального и конечного междупутий ($M_1 < M_2$, $M_1 > M_2$) расчетные схемы будут несколько различаться. Но метод непосредственного определения междупутий или смещений без использования угловых диаграмм кривых, изложенный ниже, во всех случаях остается неизменным.

Исходными данными для расчета являются: угол поворота кривой α , радиус существующей кривой, значения междупутий M_1 и M_2 и пикет начала существующей кривой.

Расчет по программе включает определение всех элементов проектируемого плана и подсчет нормалей, т.е. междупутий, совпадающих по направлению с нормальными к существующему пути. Определение нормалей для любой точки в пределах существующей кривой основано на решении косого треугольника OO_1A , две стороны которого не изменяют своей величины с изменением положения самой точки. Этими сторонами являются радиус проектируемой кривой $R_{пр}$ и расстояние между центрами проектируемой и существующей кривой z .

Значений z проще всего определяется через z' - расстояние между центрами существующей и так называемой фиктивной кривой, начало или конец которой совпадают с началом или концом существующей кривой. Поэтому расчетная схема в любом случае должна быть построена с этой фиктивной кривой.

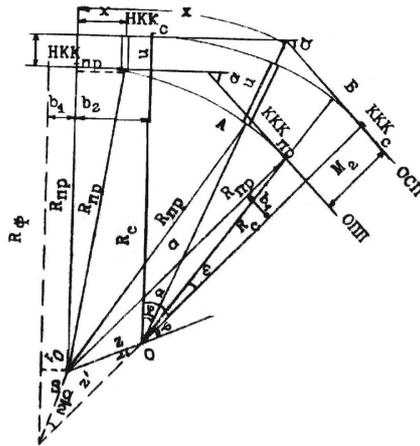


Рисунок 13 – Расчетная схема изменения междупутья

7.2. Аналитический расчет

На основе изложенного и в соответствии с рисунком 13 получим следующие основные расчетные формулы:

- расстояние между центрами существующей и фиктивной кривых

$$z' = (M_2 - M_1) / (I - \cos \alpha) \quad (38)$$

- расстояние между центрами фиктивной и проектируемой кривых

$$S = \Delta T / \sin \frac{\alpha}{2} \quad (39)$$

где ΔT - разность тангенсов фиктивной и проектируемой кривых;

$$\Delta T = T_{\phi} - T_{\text{пр}} \quad (40)$$

- расстояние между центрами существующей и проектируемой кривых (по теореме косинусов)

$$z = \sqrt{S^2 + (z')^2 - 2S \cdot z' \cdot \cos \frac{\alpha}{2}} \quad (41)$$

- угол между z и z' (по теореме синусов)

$$\gamma = \arcsin \left[\left(\frac{S}{z} \right) \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right] \quad (42)$$

Величина нормалей определяется по формулам

- в пределах от $HKK_{\text{пр}}$ до $HKK_{\text{с}}$ -

$$u = M_1 + R_{\text{пр}} - \sqrt{R_{\text{пр}}^2 - x^2} \quad (43)$$

где x – расстояние от $HKK_{\text{пр}}$ до "двадцаток", расположенных в пределах b_2 ; в пределах от $HKK_{\text{с}}$ до точки на существующей кривой, нормаль которой совпадает с $HKK_{\text{пр}}$ (на рисунке 13 - точка Б)

$$u = R \cdot c - a \quad (44)$$

Из треугольника 00_1A по теореме косинусов

$$R_{\text{пр}}^2 = z^2 + a^2 + 2 \cdot z \cdot a \cdot \cos \varphi_1, \quad (45)$$

$$a = -z \cdot \cos \varphi + \sqrt{R_{\text{пр}}^2 - z^2 (\sin \varphi)^2} \quad (46)$$

и, следовательно

$$u = R_c + z \cdot \cos \varphi - \sqrt{R_{np}^2 - z^2 (\sin \varphi)^2} \quad (47)$$

Угол φ - угол между z и R_c - в расчете принимает переменное значение в соответствии с положением точки, для которой определяется нормаль, т.е. $\varphi = f(x)$

$$\varphi = \alpha + \gamma - \psi \quad (48)$$

где ψ - угол, рад., соответствующий длине дуги существующей кривой, равной $x - b_2$;

$$\psi = (x - b_2) / R_c \quad (49)$$

Максимальное значение этого угла

$$\max \psi = \bar{b} - s, \quad (50)$$

$$s = \arctg \cdot (b_1 / (R_c - M_2)) \quad (51)$$

Программа составлена с использованием формул, полученных применительно к рисунку 13, где принят $R_{np} < R_\phi$. Однако основные расчетные формулы не изменяются, если принять $R_{np} > R_\phi$. В этом случае величина ε в соответствии с формулой (2) принимает отрицательное значение, так как $\Delta T = T_\phi - T_{np} < 0$, и будет автоматически учтено в последующих расчетах по формулам (4) - (6) и (8) и, конечно, в вычислениях нормалей. Исключения составляют формулы (10) и (11). При $R_{np} > R_\phi$ $\max \psi = d$, так как $PKKKK_{np} > PKKKK_c$. Если округление радиуса R_ϕ незначительно, то расчеты и при $R_n > R_\phi$ можно производить по программе, ничего в ней не изменяя. Если же увеличение R_{np} против R_ϕ существенно, то при расчетах может быть получено $b_1 > 20$ м, т.е. KKK_{np} будет удален от KKK_c более, чем на принятый для определения нормалей шаг расстояний. Тогда в программе надо предусмотреть вычисление и для участка по формуле, изменив эту программу соответствующим образом.

$$u = M_2 + R_{np} - \sqrt{R_{np}^2 - (b_2 + K_c + b_1 - x)^2} \quad (52)$$

Следует, однако, предостеречь от механического использования программы для расчетов изменения междупутий на кривой во всех случаях. Структура некоторых формул изменится, если, например, проектируемый путь располагается снаружи существующей кривой. В этом случае нормали в пределах существующей кривой будут равны $u = a - R_c$, а не $u = R_c - a$ (см. формулу (7)). Любой расчет всегда надо начинать с построения четкой схе-

мы, и тогда легко уточнить формулы и внести изменения в программу расчета.

7.3. Программа расчета изменения междупутья на кривой

Название программ RASKR

Вызов программы DLOAD "DI:PASKR [RETURN]

Запуск программы на выполнение RUN [RETURN]

Программа

расчета изменения междупутья на кривой

```
5  A "#####,#### "
6 INPUT "ВВЕДИТЕ ВАШУ ФАМИЛИЮ" ; F .
7 IF (F = " * " ) THEN 800
10 INPUT " ВВЕДИТЕ УГОЛ ПОВОРОТА КРИВОЙ ГРАДУСОВ ' МИНУТ
" ; A, B
20 INPUT " ВВЕДИТЕ РАДИУС СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ " ; R1
30 INPUT "ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ МЕЖДУПУТЬЯ ДО КРИВОЙ " ; z1
40 INPUT "ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ МЕЖДУПУТЬЯ ЗА КРИВОЙ " ; z2
50 INPUT "ВВЕДИТЕ ПИКЕТ НАЧАЛА СУЩ. КРУГОВОЙ КРИВОЙ " ; C1
60 COSUB 500
70 C = 3. 14159*(A + B/60) /360
80 z3 = 2*R1*C
90 z4= (z2 - z1)/(1 - cos(2*C))
100 R3 = R1 + z4 - z2
101 R2 =INT(P3 + .5)
110 GOSUB 600
120 LPRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА"
130 GOSUB 600
140 LPRINT "ДЛИНА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ " ; z3
141 LPRINT " РАДИУС ФИКТИВНОЙ КРИВОЙ " ; R3
150 LPRINT " РАДИУС ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ " ; R2
160 D2= 2*R2*C
170 T = R2*TAN(C) - T
180 LPRINT "ДЛИНА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ " ; D2
190 LPRINT " ТАНГЕНС ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ " ; T
200 B1 = R3*TAN(C) – T
210 S = 81/sin(C)
220 z = SQR(5*2 +z4*2 – 2*S*z4*COS(C))
230 X = (S/z)*SIN (C)
231 Y=ANT(X/SQR(-X*X+1))
```

```

240 B2 = Z*SIN(2*C+y)
250 F1 = 2*C - ATN(B1/(R1 - z2))
260 P3 = C1 + z3
270 P1 = C1 - 32
280 P2 = P3 - 31
290 LPRINT "ПИКЕТ КОНЦА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ"; P3
300 LPRINT "ПИКЕТ НАЧАЛА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ"; P1
310 LPRINT "ПИКЕТ КОНЦА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ"; P2
311 GOSUB 700
320 V1 = INT(P1/20)
330 Y1 = V1*20
340 IF P1 > V1. THEN Y1 = V1 + 20
350 X=Y1 - P1
360 IF(X - B2) > 0 GOTO 390
370 F2 = Z1+R2 - SQR(P2^2 - X^2)
380 GOTO 430
390 F = (X - B2)/R1
400 IF(F - F1) > 0 GOTO 470
410 F4=2*C+V-F.
420 F2 = R1 + Z*COS(F4) - SQR(R2^2 - Z^2*(SIN(F4) )^2)
430 LPRINT TAB(15); USING A; X;
440 LPRINT TAB(35); USING A; F2
450 X = X + 20
460 GOTO 360
470 F3 = D2 + B1 - Z3 - B2
480 LPRINT "РАЗНИЦА В ДЛИНЕ СУЩ. И ПРОЕКТИРУЕМОГО ПУТИ";
F3
481 GOTO 6
490 RETURN
500 LPRINT
501 LPRINT " ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ"
502 LPRINT "ФАМИЛИЯ СТУДЕНТА" ; F
510 LPRINT "УГОЛ КРИВОЙ: ГРАДУСОВ, МИНУТ"; A, B
520 LPRINT "РАДИУС СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ"; R1
530 LPRINT "ВЕЛИЧИНА МЕЖДУПУТЬЯ ДО КРИВОЙ"; Z1
540 LPRINT "ВЕЛИЧИНА МЕЖДУПУТЬЯ ЗА КРИВОЙ" ; Z2
550 LPRINT "ПИКЕТ НАЧАЛА КРУГОВОЙ КРИВОЙ";
560 COSUB 600
570 RETURN
600 FOR j = 1 TO 80
610 LPRINT "-";
620 NEXT

```


Результаты расчета выдаются в следующем виде:

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА	
ДЛИНА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ	452,584
РАДИУС ФИКТИВНОЙ КРИВОЙ	366,270
РАДИУС ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ ДЛИНА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ	366
ТАНГЕНС ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ	459,482
ПИКЕТ КОНЦА СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КРИВОЙ	235,287
ПИКЕТ НАЧАЛА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ	125139
ПИКЕТ КОНЦА ПРОЕКТИРУЕМОЙ КРИВОЙ	124676
Х-РАССТОЯНИЕ ОТ ПИКЕТА НАЧАЛА КРУГ. КРИВОЙ ДО ДВА-ДЦАТКИ U-ВЕЛИЧИНА НОРМАЛЕЙ	125139

Х	У
4,0547	4,1094
24,0547	4,3558
44,0547	4,5760
64,0547	4,7861
84,0547	4,9870
104,0550	5,1776
124,0550	5,3594
144,0550	5,5303
164,0550	5,6919
184,0550	5,8432
204,0550	5,9846
224,0550	6,1147
244,0550	6,2360
264,0550	6,3459
284,0550	6,4459
304,0550	6,5354
324,0550	6,6145
344,0550	6,6829
364,0550	6,7404
384,0550	6,7878
404,0550	6,8244
424,0550	6,8501
444,0550	6,8652

**РАЗНИЦА В ДЛИНЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО И
ПРОЕКТИРУЕМОГО ПУТИ – 3.08196**

Запросы программы и действия пользователя приведены в следующей таблице:

Сообщения программы	Действия пользователя
1. Введите Вашу фамилию	Вводит фамилию [RETURN]
2. Введите угол кривой: градусов, минут	Вводит значение градусов, значение минут [RETURN]
3. Введите радиус существующей кривой	Вводит значение радиуса существующей кривой [RETURN]
4. Введите величину междупутья до кривой	Вводит значение величины междупутья до кривой [RETURN]
5. Введите величину междупутья за кривой	Вводит значение величины междупутья за кривой [RETURN]
6. Введите пикет начала существующей кривой	Вводит значение величины пикета начала существующей кривой [RETURN]

Обозначение переменных в программе

Обозначение переменной	Название переменной
A, B	Угол кривой: градусов, минут
RI	Радиус существующей кривой
Z1	Величина междупутья до кривой
Z2	Величина междупутья за кривой
C1	Пикет начала существующей кривой
Z3	Длина существующей кривой
R3	Радиус фиктивной кривой
R2	Радиус проектируемой кривой
D2	Длина проектируемой кривой
T	Тангенс проектируемой кривой
P3	Пикет конца существующей кривой
P1	Пикет начала проектируемой кривой
P2	Пикет конца проектируемой кривой
X	Расстояние от пикета начала круговой кривой до "двадцатки"
F2	Величина нормалей
Q1	Часть длины проектируемой кривой, на которой проектируется изменение междупутья
F3	Разница в длине существующего и проектируемого пути

Список литературы

1. Строительно-технические нормы МПС РФ. СТН Ц – 01 – 95. Железные дороги колеи 1520 мм. – М.: МПС РФ, 1995. - 87 с.
2. *Гавриленков А.В., Переселенков Г.С.* Изыскания и проектирование железных дорог. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.
3. Турбин Н.В. и др. Изыскания и проектирование железных дорог. – М.: Транспорт, 1989. – 479 с.
4. *Бучкин В.А., Бычков Ю.А., Копыленко В.А., Яковлев Б.В.* Под ред. *Яковлева Б.В.* Проектирование, строительство и реконструкция железных дорог. – М.: Транспорт, 1989. – 263 с.
5. *Довгелюк Н.В., Гурок Р.Г.* Выполнение инженерных расчетов при проектировании железных дорог на ЭВМ IBM. – Гомель: БелГУТ, 1996. – 53 с.
6. *В.И. Акимов, Н.В. Довгелюк.* Проектирование и расчет изменения междупутья на кривой. Методические указания. – Гомель; БелГУТ, 1993. – 37 с.