Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**
Институт машиностроения и автомобильного транспорта
Кафедра "Автотранспортная и техносферная безопасность"

Материал для самостоятельной подготовки студентов

по дисциплине

"Проблемы экономики перевозочного процесса"

Композиция городского плана как проблема транспорта

Составитель:

Профессор каф.АТБ

Ф.П. Касаткин

Владимир, 2015

Содержание

Предисловие

Значение транспортного фактора в планировке огромно и безусловно. Это общепризнанно на Западе, где развитие внутригородского транспорта перерастает в социальное бедствие.

В крупных городах автомобиль перестал быть средством быстрого сообщения. Города не в состоянии переварить своего уличного движения. Огромная аварийность требует срочных решений: каждые 15 минут в США одна смерть под колесами автомобиля; каждые 5 минут из-под колес автомобиля выносит калеку, навсегда утратившего трудоспособность; каждые 30 секунд – одно ранение под колесами автомобиля. Во время мировой войны 1914-1918 гг. Соединенные Штаты несли меньшие потери: немецкие пули и снаряды приносили одну смерть в те же 15 минут, и одно ранение лишь в каждые 8 минут.

Не менее показательны великобританские данные об аварийности на дорогах во время только что истекшей мировой войны /Passeager Transport Fornal, June 1945/:

	Несчастные случаи на дорогах	Жертвы немецкой авиации среди гражданского населения
Убито	42.161	59.793
Серьезно ранено	220.000	84.749
Итого	252.161	144.542

От ужасов бомбардировок искали спасения. На борьбу была поднята вся страна. А о больших жертвах на улицах и дорогах парламенты не дискуссируют. По-видимому, никто этим серьезно не обеспокоен. Воистину неисповедима человеческая психология!

Все города продолжают увеличивать свой транспорт и отделываются незначительными паллиативами в борьбе за создание надлежащих условий движения и снижения аварийности. Ещё не всегда понимают, что автомобиль – победное шествие которого нельзя и бессмысленно останавливать – находится в непримиримом противоречии с планировкой старых городов и со все ещё распространенными планировочными традициями, в которых ещё много черт от города лошади, извозчика и омнибуса.

Транспорт – самый требовательный клиент у планировки и задача настоящей работы – дать рациональные основы расчета транспортных требований к планировке. Дальше этого она не идёт и, разумеется, не претендует на подмену архитектурных задач планировки – транспортной геометрией, как некоторые думают, подобно тому, как обязательная для архитекторов механика сопротивления материалов и конструкций зданий не претендует на замену собою архитектуры индивидуального здания.

Вся настоящая работа родилась из практики и развивалась на практике проектирования городов. Она менее всего представляет собою абстрактно – теоретическое построение, не смотря на то, что вопросам теоретическим здесь поневоле уделялось много труда и внимания. Этого требовало своеобразие темы, этого требовала практика и критика проектных решений.

В связи с этим, автор считает себя обязанным отметить, что в свое время в создании предлагаемого метода решения транспортных вопросов планировки принимал участие целый коллектив транспортной группы Гипрогора (инж. Я. С. Ротенберг, И.Д. Перов, И.Л.Перлин, А.Ф.Соловьев и другие). Автору принадлежит лишь теоретическая внешность этого метода. Особенно обязанным автор считает себя инж. Я.С. Ротенбергу, который своей всегда смелой практикой решения транспортных вопросов планировки неизменно будит теоретическую мысль, а из знакомых с предлагаемым методом критиков – инженеру А.М. Якшину, неизменно острая критика которого многократно принуждала автора к теоретическому разбору таких вопросов, которые практика проектирования решала интуитивно.

Насколько автору известно, идея связи геометрической формы плана города с его транспортным потоком была высказана впервые инж. Зильберталем. Разбивая территорию города на значительное число микрорайонов и измеряя взаимное расстояние между ними, он строил для ряда абстрактных городов разной формы плана кривые распределения этих расстояний по их величине. Кривые эти несколько напоминают кривые распределения пассажиров по дальности поездок. Сопоставление этих кривых с фактической кривой распределения пассажиров по дальности поездки в Ленинграде, произведенное Зильберталем, показывает, однако, столь резкое несходство между ними, что объяснить специфический ход кривых распределения пассажиров по дальности поездки геометрической формой городского плана – нельзя. Объяснение это было бы лишь в том случае законным, если бы поездки на все встречающиеся городе расстояния были бы равновероятны. В действительности это не так: вероятность поездок зависит от расстояния передвижения и сначала возрастает с ростом расстояния, а затем, быстро достигнув максимума, падает; вероятность поездок на очень большие расстояния – минимальна. В применении к расчету будущего транспорта планируемого города это идея была воспринята инж. Ротенбергом, который стал тем же путем строить провизорные кривые распределения пассажиров по дальности поездки /1932 и 33 гг./ применительно к ряду планируемых украинских городов. В такой форме эти идеи, исходящие из плана города, были совершенно пассивны, так как принимали этот план, как данность.

Инж. Ротенбергом был сделан, однако, вскоре дальнейший шаг: продолжая, как и Зильберталь, считать вероятность связи между районами независимой от расстояния, он начал строить провизорные графики трудовых и культурно – бытовых поездок, тем самым положив начало расчетно–теоретическому методу проектирования внутри городского транспорта взамен господствующего еще и сейчас «метода» интуитивного наложения сетки транспорта на построенный из не связанных с транспортом оснований план города. Однако, графики эти, как теперь это совершенно ясно, давали преувеличенные потоки на дальних расстояниях и преуменьшенные на близких и, – что особенно снижало их значение, – будучи производной от формы плана, они не могли на неё активно действовать. В стремлении уничтожить эти недостатки метода, автор пришел, прежде всего, к заключению, что и основу решения транспортных вопросов города надлежит искать не формально – геометрический признак – форму городского плана, а правило внутригородского расселения, математическую форму которых, проверенную тогда на единственном примере фактического расселения в Тбилиси, автору удалось получить теоретическим путем средствами исчисления вероятности. Этим было положено начало чрезвычайно продуктивного синтеза, по меньшей мере, четырех узловых задач планировки – расселения, транспорта, уличной сети и формы городского плана.

Метод сразу приобрел планировочную оперативность, подводя под решение основных планировочных задач в их транспортном аспекте – форма плана и система уличной сети – рациональные основания и технический расчет. Дальнейшее теоретическое оснащение метода уже было естественным ответом на вопросы, ставившиеся практикой проектирования.

Город должен быть удобным в отношении расселения и передвижения. С этим, очевидно, все согласны и это звучит трюизмом (банальная истина). Но у удобства есть свои законы и свои требования. И их нужно знать. Установлению этих законов удобства и посвящена значительная часть настоящей работы.

Город должен быть экономичным. Это тоже трюизм. Но улицы города, после его зданий, - самая дорогая часть общей стоимости города. Улицы в городах занимают до ¼ всей территории, - территории, требующей дорогих видов благоустройства. Теперь уже можно с уверенностью сказать, что столь развитые сети городских дорог совершенно излишни, что уличная сеть города может быть значительно сокращена с одновременным увеличением её пропускной способности и скоростей передвижения, что все неполадки уличной сети происходят вследствие того, что уличная сеть города не проектируется, а рисуется, что в основе построения уличной сетки города лежит в лучшем случае интуиция, чаще традиция, а не расчёт. Теоретическим основам этого расчета и посвящена настоящая работа. Её задача – дать метод рационального построения принципиальной сетки магистралей города в любой сколь – угодно сложной ситуации его элементов.

Наконец, теория в состоянии дать количественный ответ на чрезвычайно важный вопрос о транспортном максимуме и оптимуме города как в отношении численности его населения, так и в отношении плотностей заселения.

Основные идеи этой работы были изложены автором в 1934г. /лит[ографированное].изд.под наименованием «Планировка, транспорт и расселение»; значительно переработана и расширена в 1936г. /см. литогр.изд.1936г. под наименованием: «Транспортные основания композиции городского плана»/. За истекшие с тех пор 10 лет эта работа подверглась столь существенным изменениям, уточнениям и расширению, что в своем настоящем виде представляет собою, в сущности, совершенно новую работу.

Математическая оболочка работы, за которую упрекали автора, - совершенно неизбежна. Здесь рассматривается техническая задача. А математика в технике – законный и не вызывающий никаких сомнений прием исследования. Для облегчения практического пользования работой математические выкладки вынесенные в примечания.

1. Введение

Никто не станет возражать, что городской план должен быть удобным для жизни в городе. И, вероятно, именно самоочевидность этой истины отвлекала и продолжает отвлекать планировщиков от задачи конкретизации идеи удобства плана. Удобство плана понимают так, что в городе должно быть децентрализовано обслуживание не уникального типа, т.е. по возможности, равномерно распределены по его территории: школы, амбулатории, магазины, универмаги, бани, кино и прочие подсобные элементы обслуживания; в отношении других элементов обслуживания – театры, вокзалы, парк культуры, музеи, общегородские учреждения и прочие – такая децентрализация невозможна, да и была бы напротив, неудобной, так как каждое из учреждений этого рода являются объектом пользования всего населения и в равной мере. Далее, город считают удобным, если он располагает хорошо налаженным городским транспортом, т.е. транспортом быстрым, комфортабельным и дешевым. Всё это в достаточной степени тривиально, и, как видим, слишком поверхностно связано с существом планировочной проблемы, то есть самой идеей построения плана каждой конкретной планировочной обстановке.

А между тем, очевидно, что различные территории, вследствие близости или дальности своего расположения относительно жизненных центров тяготения, будут всегда неодинаково удобными; что могут быть более и менее удобные районы города, районы особенно популярные и, наконец, районы вовсе не популярные, наполнение которых жителями происходит вынужденно вследствие того, что более удобные районы не развиты соответственно шире. Как нужно планировать город, чтобы его композиции отмечали удобству этого рода? И, прежде всего, в чём это удобство состоит? Как пожелают граждане города расселиться? Допустимо ли и, главное, осуществимо ли, любое расселение по какому либо произвольному правилу? Что ориентирует расселение – труд, быт, отдых? Характерно, что все эти вопросы даже и не ставятся. А между тем очевидно, что это одна из основных планировочных и при том узловых проблем, так как она явно связана с композицией плана, с построением сети городских улиц, организации городского транспорта, и, наконец, с дифференциацией плотности заселения по отдельным частям городской территории.

Что расселение является функциональной планировочной задачей в не меньшей, а в несравненно большой мере, чем даже определение проектного населения города, - должно быть признано одной из основных методологических аксиом планировки.

Отрицание этого положения означает отказ даже от постановки вопроса о введении научных приемов определения начертания уличной сети, составляющего одну из важнейших и несомненно методологически центральную задачу планировки. Действительно, дорога к научно - техническому методу расчета транспортной системы улиц города лежит только через задачу расселения, ибо очевидно, что если вообще возможно произвести расчетным путем определение системы улиц, как некой транспортной системы, то, разумеется, только при совместном соблюдении трех условий:

1. известно, куда направлены потоки движения (что всегда известно в итоге планировки);

2. известно – откуда движутся эти потоки и

3. известен – физический объем этих потоков.

На последние два вопроса и дает ответ расселение.

Задача расселения остается важнейшей планировочной задачей даже и в том случае, если возможность, или значимость расчета уличной сети отрицается вовсе. Но и в этом случае остаётся в сущности та же, уже всеми признаваемая задача – установить, на- сколько планировочное решение города отвечает задачам движения.

К этому надо добавить, что, как увидим ниже, последовательное развитие этих идей является весьма инструментальным в том смысле, что даёт количественный метод решения композиционных задач плана, чего не в состоянии (по крайней мере, до настоящего времени) сделать иные многочисленные планировочные критерии и идеи, носящие, по преимуществу, качественный характер и поэтому способные, как правило, лишь в той или иной мере ограничивать возможные планировочные решения.

Ориентировка расселения.

Случайно ли расселение? Только в том смысле, в каком «случайно» любое событие, рассматриваемое статистикой, т.е. вследствие чрезмерной сложности определяющих такое событие причин.

Расселение кажется случайным, потому, что нет практических путей для предусмотрения, где именно поселится в городе то или иное лицо, несмотря на то, что, разумеется, причины, вызвавшие это поселение в том или ином месте, совершенно определены и вызвали это событие с неизбежностью. Но где будет жить единичный житель города для планировки и безразлично. Планировке нужно знать лишь распределение масс, селящихся по территории города. А в этом случае многообразие действующих причин, вызывающих выбор того или иного места в городе единичным жителем как это постоянно показывает статистика, взаимно нейтрализует эти причины так, что выступают только некие генеральные тенденции расселения, которые только и представляют интерес в планировке. Именно потому, что «случайность» - не произвол, – в основе «случайных», но массовых событий весьма часто обнаруживаются крайне простые закономерности. Мы вправе поэтому ожидать, что и в основе расселения по территории города, как явления массового, могут быть подмечены некоторые статистические закономерности, выражающие собою определённые бытовые тенденции.

Следует помнить, что на эти статистические закономерности ни в коем случае нельзя смотреть, как на некие надисторические законы, которыми управляется расселение всегда и всюду.

Таких надисторических законов не существует вовсе, да и не задача планировки, привязанной к времени и месту, их искать.

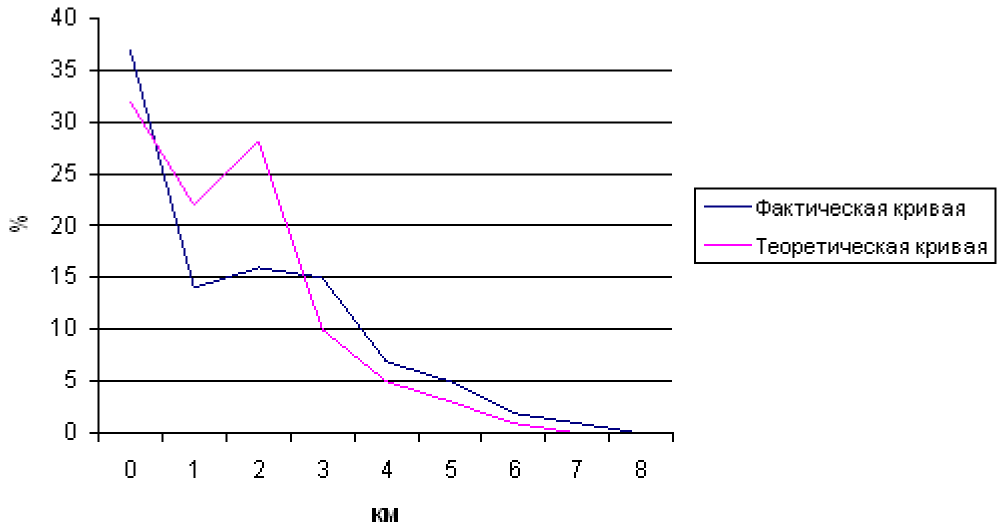
Расселение в городе вообще – очень сложное явление. Его определяет в первую очередь социальный строй и высота техноэкономического уровня жизни населения и развития городского хозяйства, а среди него – особенно городского транспорта. На современном расселении каждого единичного города тяготеет и исторически сложившаяся композиция городской территории.

Крупные промышленные предприятия, являющиеся сосредоточенными центрами трудового тяготения, в любом капиталистическом городе располагаются на наиболее дешевых участках городских земель и – в силу этого – в наиболее неблагоустроенных и далеких от центра районах. С другой стороны, рост современных больших городов приводит к искусственному, часто колоссальному, повышению стоимости земельных участков некоторых кварталов, в особенности, в центре города. Возведенные на них здания, вместо того, чтобы повышать эту стоимость, наоборот, понижают её, так как они уже более не соответствуют изменившимся условиям; их сносят и заменяют другими. Такова, прежде всего, участь расположенных в центре рабочих жилищ, наемная плата с которых даже при величайшем переполнении, никогда не может или во всяком случае крайне медленно может выйти за пределы известного максимума. Их сносят и строят на их месте магазины, склады, общественные здания…В силу этого, в условиях капиталистического расселения, будет налицо тенденция к концентрации расселения трудящихся в районах расположения промышленных предприятий. Концентрация расселения рабочих в окраинных промышленных районах капиталистического города, однако, ещё не означает их расселения поблизости от тех производств, на которых они работают. Тенденция этого рода берёт свое начало из иных оснований – неудобства передвижения на большие расстояния.

В социалистическом городе крупные промышленные предприятия располагаются на периферии города и при этом, главным образом, по санитарно-гигиеническим и архитектурным соображениям. Но в социалистическом городе противоречия благоустройства центра и окраин исключаются, равно как исключаются и классовые противоречия расселения. Зато на первое место надвигаются соображения удобства расселения, в значительной степени определяемые высотою транспортных удобств и близостью мест расселения от центра трудового тяготения.

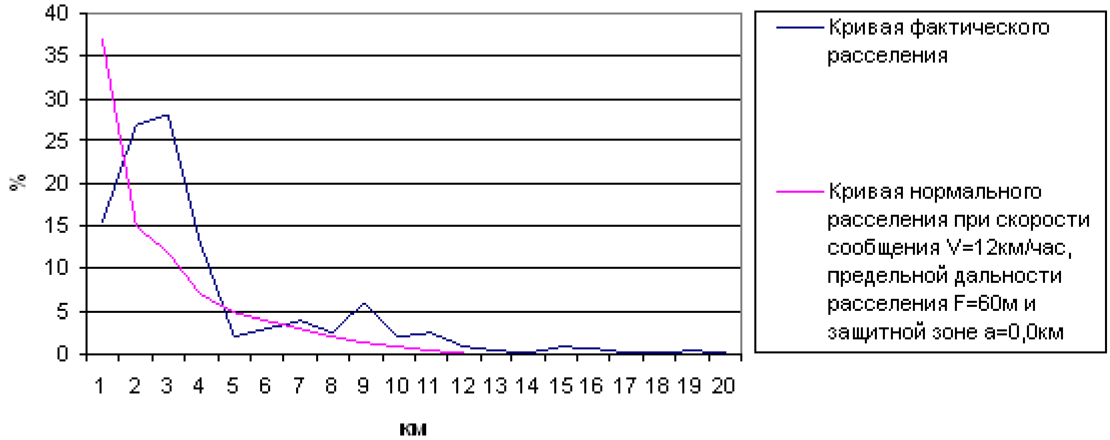
Расселение в социалистическом городе, не знающем вовсе классовой природы расселения и уже достигшем социалистического уровня благоустройства, действительно, должно определяться, в сущности, единственным фактором – удобством, которое, в свою очередь, в значительной степени определяется высотою технической организации городского транспорта. Это упрощение задачи расселения в условиях социалистического города позволяет надеяться понять природу статистических закономерностей, уже изученных для многих из наших городов, найти их теоретическое выражение через доступные воздействию параметры и, тем самым, научиться управлять расселением, а, следовательно, и движением в наших городах.

Рис.1.Кривая расселения в зависимости от расстояния до места приложения труда. Тифлис (38000 трудящихся)



Тенденции расселения в их качестве в этих упрощенных случаях, когда действуют лишь соображения удобства, нетрудно предвидеть. Действительно, совершенно естественно предположить, что расселение находится в определенной зависимости с систематическими центрами тяготения, иными словами, постоянно, изо дня в день, действующими центрами тяготения и практически не находятся в зависимости со спорадическими, т.е. лишь время от времени привлекающими население центрами тяготения. Отсюда становится понятным, что следует ожидать ориентировки расселения, прежде всего, на центры приложения труда, с которыми население связано изо дня в день, постоянно, и маловероятно, чтобы такая ориентировка расселения встречалась, например, на центры культурного тяготения, во-первых, потому, что таких центров в мало-мальски значительном городе не один, а несколько, и при том они равноправны, а, во-вторых, что пользование каждым из них не систематично. Далее, очевидно, что эта ориентировка расселения на центры постоянного тяготения должна, если она есть, выражаться в том, что расселение концентрируется возле центра постоянного тяготения, падая с ростом расстояния от этих центров. Если это действительно так, то закономерности такого рода не должны, как может показаться на первый взгляд, наблюдаться лишь в условиях избытка жилых помещений, так как, если перемена жилья не всегда легко достижима, то выбор места работы в наших условиях свободен и легок. Наконец, можно предвидеть, что падение расселения с ростом расстояния должно находиться в зависимости от наличных транспортных средств, иными словами, происходить тем быстрее, чем хуже транспортные средства города и тем медленнее – чем более совершенен транспорт города, т.е. иначе – расселение ориентируется не на геометрическое расстояние между местом жительства и местом постоянного тяготения, а на время, которое нужно затратить, чтобы это расстояние преодолеть.

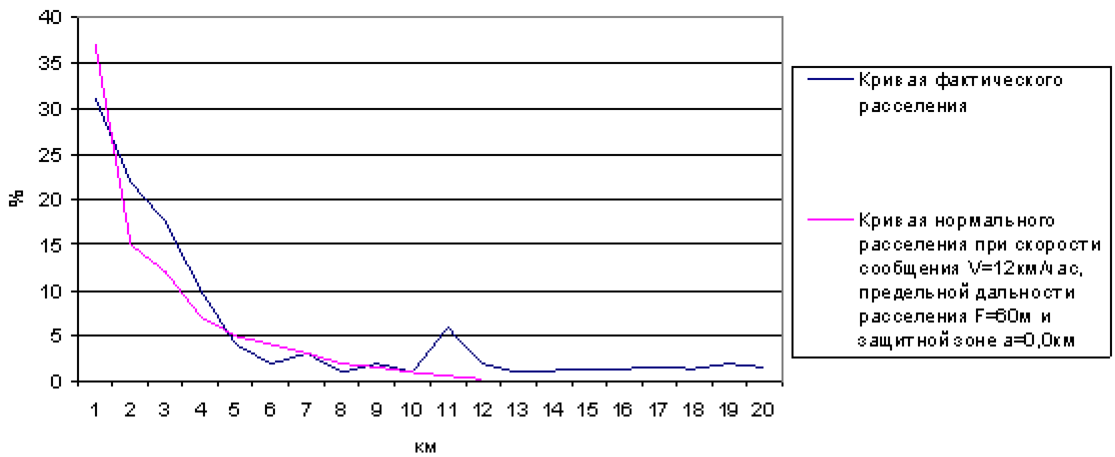
Рис.2.Сводная кривая расселения трудящихся г.Горького в зависимости от расстояния до места работы от места жительства (60,738чел.или 21,6% самодеятельного населения)



Эти общие, очевидные и простейшие следствия из непосредственно ощущаемых бытовых соображений сполна подтверждаются опытом, т.е. прежде всего, непосредственным анализом расселения трудящихся в ряде наших крупных городов в связи с их планировкой.

Здесь приводится ряд кривых расселения в Тбилиси, Горьком, Ярославле, Сормово, Баку, построенных на достаточно широком статистическом материале в несколько десятков тысяч рабочих в каждом отдельном случае. Закономерность всех этих кривых очевидна и убеждающее говорит в пользу того, что высказанные выше общие закономерности подтверждаются опытом фактического расселения в наших городах (рис.1-5).

Рис.3. Кривая расселения трудящихся завода "Красное Сармово", 21600чел.



Само собой разумеется, что все эти кривые фактического расселения не могут иметь совершенно плавного хода, во-первых, вследствие того, что число лежащих в основе их данных, хотя и велико, но все же недостаточно велико для совершенного выравнивающего действия закона больших чисел, а, во-вторых, - на ходе кривых фактического расселения должно отражаться все своеобразие распределения жилых районов каждого города, создающее уже не свободное, а вынужденное расселение. Это особенно видно на примере расселения рабочих Красного Сормова, где затухающая кривая расселения дает две вспышки в интервалах 7-8 км. И 11-12 км от Сормова, соответствующих расстояниям от Сормова значительных селитебных массивов Канавино и Правобережного Горького. Зависимые от размещения селитьбы особенности фактических кривых расселения могут быть исключенными лишь в очень больших и монолитных городах типа Москвы и Ленинграда.

Было бы совершенно неправильным эти нарушающие плавный ход кривых расселения случайные и систематические отклонения устранять известным статистическим приемом выравнивания, что вследствие условности этого приема – не позволяет обнаружить искомое правило или норматив, по которому в исследованных случаях располагается расселение. На помещенных здесь кривых параллельно кривым фактического расселения (рис. 1-3) помещены, поэтому не выровненные кривые фактического расселения, а кривые нормального расселения, полученные из иных оснований.

Рис.4.Кривая расселения трудящихся г.Ярославля, в зависимости от раастояния до места работы, от от места жилья 40000 чел.или 38% самодеятельного населения

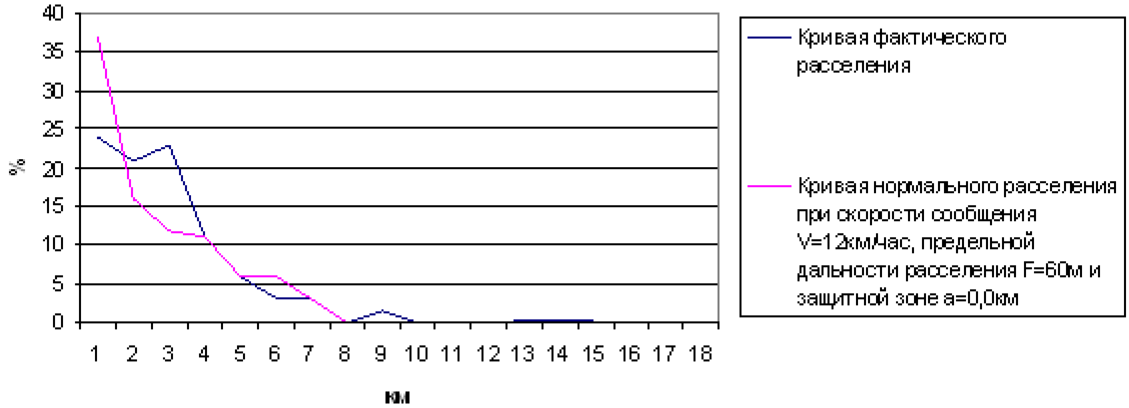
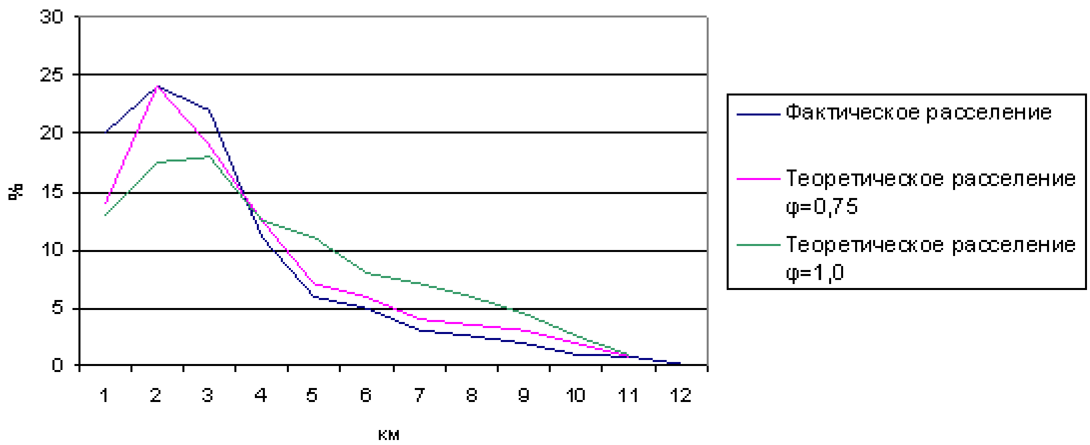


Рис.5.Кривая фактического расселения трудящихся г.Баку 1935г.(по обследованию 65000 адресов), V=12км/час; T_2 = 60мин; R_1 = 0,75км

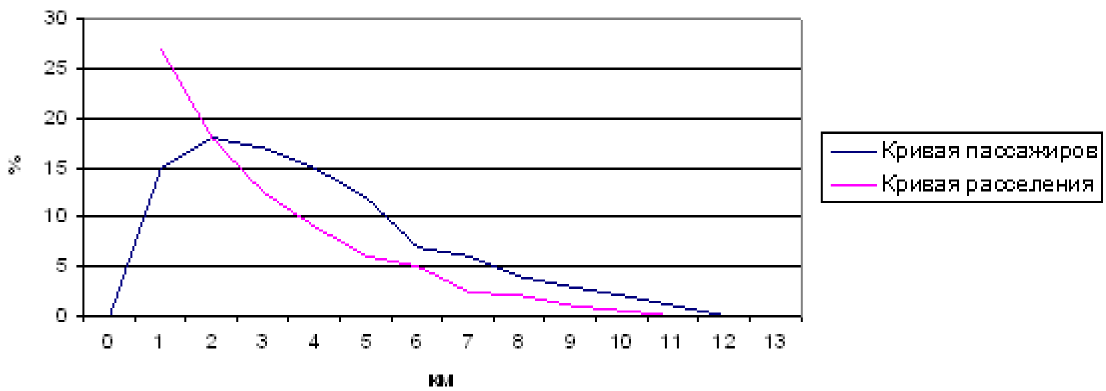


Нетрудно указать, однако, на иной прием опытного нахождения некоторого норматива расселения, где зависимые от своеобразия распределения селитьбы систематические отклонения устранены, как выше пояснено, большим объемом города; случайные же отклонения – доведением числа положенных в основу кривых данных до многих сотен тысяч и даже миллионов случаев.

Здесь, разумеется, нельзя уже основываться непосредственно на анализе расселения, так как это было бы слишком громоздко. Но в этом и нет надобности. Той же цели могут служить кривые распределения пассажиров внутригородского транспорта большого города по дальности поездки. Такие кривые известны, например, для Ленинграда[1] (см. рис.6-ю сплошную линию). Чтобы получить из кривой распределения пассажиров по дальности кривую расселения (в данном случае Ленинграда), необходимо эту кривую перестроить лишь в её левой части, соответствующей поездкам на близкие расстояния до 2-х км, на которых значительная часть передвижения происходит пешком.

Здравый смысл, теоретические расчеты и опыт показывают, что расстояния до 1 км чрезвычайно редко преодолеваются с помощью транспорта; расстояния свыше 2-х км, напротив, как правило, преодолеваются уже с помощью транспорта; пользование транспортом, таким образом, чрезвычайно быстро нарастает от расстояния в 1 км до 2 км и при 1,5 км составляет приблизительно 50% всех передвижений на это расстояние.

Рис.6.Преобразование кривой распределения пассажиров по дальности поездок в кривую расселения (г.Ленинград 1925г., 1400000чел.)

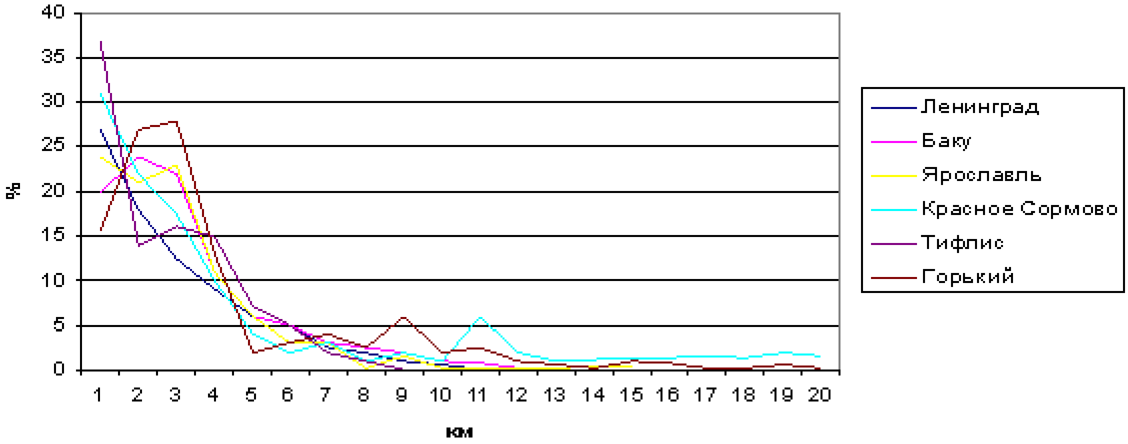


Этих соображений достаточно, чтобы кривую распределения пассажиров по дальности поездки преобразовать в кривую расселения. Для этого ординату, соответствующую проценту пассажиров, совершающих поездки в 1,5 км, следует удвоить и из полученной точки провести касательную к кривой распределения пассажиров. Так как при этом мы получим в сумме всех ординат, данных в %% пассажиров, больше 100, то каждую из ординат следует привести к 100, что в итоге и даст кривую расселения (показанную на рис. 6 красной линией). Так как кривая распределения ленинградских пассажиров построена через 200 м., то чтобы привести нашу расселения к обычному интервалу в 1 км достаточно просто каждое из чисел вертикальной шкалы умножить на 5. Всё это и сделано на рис. 6.

Все кривые расселения (рис. 1-6) построены в одном масштабе. И здесь вскрывается самое замечательное из того, что эти кривые в себе заключают.

Несмотря на крайнее несходство между собою таких городов как Ленинград, Сормово, Тбилиси, Ярославль, Баку, Горький – в основе расселения в этих городах лежит одна и та же закономерность, выраженная настолько явно и ярко, что в существовании её не может оставаться никаких сомнений (рис. 7).

Рис.7.Сопоставление фактических кривых расселения трудящихся в городах СССР



[1] См.инж.Зильберталь: Трамвайное хозяйство, Изд.1932г. стр.21

2. Специфичность закономерности расселения

Теперь мы подготовлены к тому, чтобы понять, что могут существовать, если не теоретические, то эмпирические формулы, которые достаточно верно передают ход кривых расселения, рассмотренных выше, в зависимости от тех параметров, которые – с точки зрения рассмотренных оснований – влияют на расселение.

Но прежде, чем показать, что такое правило действительно может быть указано, следует убедиться, что обнаруженные правильности расселения нельзя объяснять простой случайностью. Последняя, как известно, имеет свои законы. И применяя их к данным обстоятельствам, можно показать, что если действительно расселение определяется чистым случаем, то на расстояние от 0 до r, если расселение вообще возможно от 0 до R, поселится следующее число жителей

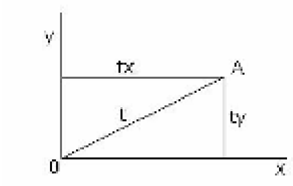
$$n_0^r = \theta\left(\frac{3r}{R}\right) \quad , \qquad (1)$$

где θ есть символ известной к теории вероятностей функции.

Действительно, предположим, что расселение не подчиняется какой-либо ему свойственной закономерности, а случайно, другими словами, определяется законами случая. Количество живущих n на некотором выраженном во времени расстоянии t от места их постоянного тяготения обозначим через

$$n=f(t) \qquad (2)$$

причем n условимся определять в долях единицы. В таком случае n будет вероятностью расселения на расстоянии t.



Эту вероятность иначе можно выразить, как вероятность совместного события, что точка А будет на расстояниях во времени t_x и t_y соответственно от осей у и х.

Таким образом, $n=f(t)=f(t_x)*f(t_y)$ (3)

но, как известно, существует единственная функция; отвечающая условию (3). Эта функция будет следующей:

$$n=f(t)= ae^{c^2t^2} \qquad (4)$$

Вероятность расселения в интервале расстояний от t_1 до t_2 будет:

$$\bar{n} = a\int_{t_1}^{t_2} e^{c^2t^2}dt \qquad (5)$$

Выражение (5) и является исходным для решения поставленной выше задачи.

В этих целях сведём выражение 1 к известной в исчислении вероятностей функции

$$\theta(t) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^t e^{-t^2}dt \qquad (6)$$

а вычисление $\bar{n}$ поведем, начиная от расстояния $t_1 = 0$.

Полагая ct = u, будем иметь:

$$\bar{n} = a\int_0^t e^{-c^2t^2}dt = \frac{a}{c}\int_0^{ct} e^{-u^2}du = \frac{a\sqrt{\pi}}{2c}\theta(ct)$$

Итак, $\bar{n} = \frac{a\sqrt{\pi}}{2c}\theta(ct)$ (7)

Так как достоверно, что расселение происходит полностью в пределах расстояний от 0 до ∞, то

$$n_0^\infty = 1 = \frac{a\sqrt{\pi}}{2c}\theta(\infty) = \frac{a\sqrt{\pi}}{2c}$$

т.к. $\theta(\infty) = 1$.

Итак, коэффициенты “а” и “с” в выражении (5) или (7), связаны зависимостью $\frac{a\sqrt{\pi}}{2c} = 1$

и выражение (7) упрощается :

$$\bar{n} = \theta(ct) \qquad (9)$$

Заменим теперь время t через расстояние r и скорость транспорта v. Тогда

$$\bar{n} = \theta(c\frac{r}{v})$$

Произвольная постоянная C определяется из предельного условия.

Функция θ, как известно, чрезвычайно быстро приближается к 1 с ростом её аргумента:

$$\theta(2) = 0{,}9953;\ \theta(3) = 0{,}9999779;\ \theta(4)=0{,}999999984\ldots \qquad (10)$$

Поэтому вероятность $\bar{n}$ будет практически равна 1 при значениях аргумента выражения (9), начиная от 3 или 4.

Выбор этого предельного значения аргумента выражения (9) зависит от размера населения города. Принимая за предельное значение аргумента 3, возможный просчет для города в 100 тыс.человек, следуя (10), будет всего в 3 чел. и в 22 чел. для миллионного города. Поэтому 3, как предельное значение аргумента, дает совершенно достаточную точность.

Но с другой стороны $\bar{n}$, следуя зависимости (9), приближается к 1 с ростом r. Если поэтому мы примем установочное предельное условие, что расселение заканчивается на расстоянии не большем R, то C и R связаны зависимостью

$$C\frac{R}{V} = 3 \quad \text{или} \quad C = \frac{3V}{R} \qquad (11)$$

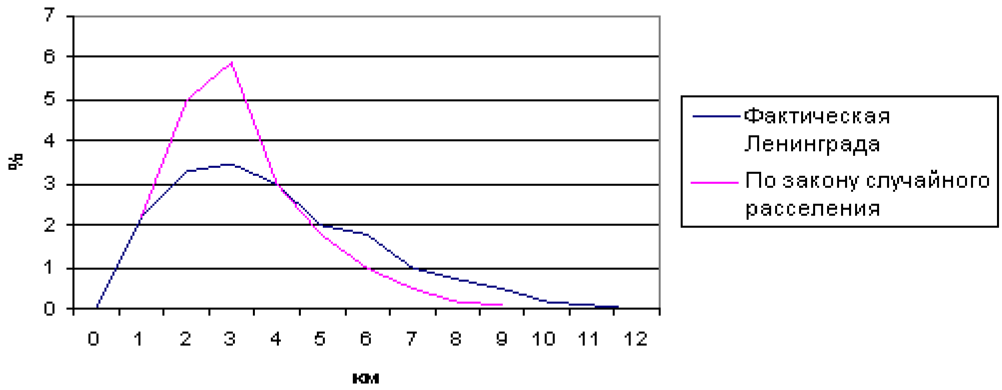
Поэтому окончательно имеем:

$$\bar{n}_{(0)}^{(r)} = \theta(3\frac{r}{R})$$

Функция (11) и положена в основу расчета кривой распределения пассажиров по дальности поездок для случая, приводимого Зильберталем и рассмотренного выше, когда R = 12 км.

Следуя этой кривой расселения и рассуждая обратно тому, как мы рассуждали выше, можно по этой кривой построить кривую распределения пассажиров для случая Зильберталя (см. рис.5), взятого для ленинградского трамвая. Для этого достаточно в формуле (1) R положить 12 км. Рис.8 показывает результат такого построения: кривая фактического распределения весьма несходна с теоретической кривой, построенной на гипотезе случайного расселения.

Рис.8.Кривая распределния пассажиров по дальности поездки



Это и требовалось доказать: расселение не случайно, и, следовательно, должна существовать иная характерная для расселения закономерность.

3. Элементарное правило расселения.

Теперь не трудно показать, что ход кривых фактического расселения может быть с достаточной точностью объяснен и предсказан теоретически.

Основания к этому объяснению уже приведены выше. Посылка первая заключается в определении управляющих расселением мест тяготения населения: она говорит, что не все места тяготения населения управляют расселением, а только места постоянного тяготения, то есть почти исключительно места постоянного приложения труда. Посылка вторая – не менее проста и наглядна: она заключается в том, что расселение ориентируется не на геометрические расстояния от места жительства до места постоянного приложения труда, а на время, которое необходимо при наличных транспортных средствах, для преодоления этих расстояний.

Обе эти посылки выше уже пояснены.

Посылка третья уже определяет характер тех количественных отношений, которые имеют здесь место. Она совершенно обща и формальна и заключается в следующем: при прочих равных условиях, изменение избранного расстояния места жительства от места приложения труда имеет не абсолютное, а относительное значение по отношению к первоначальному расстоянию, выраженному в затраченном на его преодоление времени, то есть следует общему психофизическому закону оценок других раздражителей, например, веса, яркость освещения, уровня шума и прочее. Следовательно, реакция человека на затраты времени рассматривается, как реакция физиологическая. Допустимо ли это? Укажем, прежде всего, что тем же правилам пользуется инженер–светотехник при расчете освещения; им пользуется инженер–акустик при расчете шумоизоляции стен; им пользуется химик–парфюмер при определении силы запаха; им пользуется токсиколог при определении раздражения ядовитыми веществами; тем же правилом пользуется теплотехник, применяя шкалу эффективных температур; ему следует оценка вибрации. Короче, это правило имеет широчайшее практическое приложение в технике во всех тех случаях, когда требуется оценить реакцию ощущения на те или иные раздражения. В данном случае мы применяем его к оценке значимости затраты времени.

Экспериментальной психологии давно известно, что оценки времени подчиняются этому правилу (см., например, курс психологии Эббингаусса). И здесь, конечно, нет ничего удивительного: сколь ни многообразны мотивы, по которым человек избирает себе то или иное место жительства или место работы, - он сохраняет полностью свою природу и присущую ему методу оценок любых раздражителей, в данном случае расстояний и времени и, при прочих равных условиях или безразличных обстоятельствах, следует этим оценкам. Следовательно, статистически, когда беспорядочное множество случаев, ориентированных только по расстояниям или времени, сглаживает все другие действующие факторы, - должны выступать зависимость расселения от расстояния и времени. Все это кажется достаточно простым и бесспорным. Но нам нет необходимости поднимать здесь отвлеченно методологические вопросы, так сказать, «психологии расстояния». Оставаясь в рамках решения технических задач, нам вполне достаточно исходить из факта зависимости расселения от расстояния и рассматривать те формулы, которые представляют эти факты для целей технического расчёта, как формулы эмпирические, не претендующие на вскрытие существа явления.

Теперь достаточно только заметить, что расселение уменьшается с ростом расстояния, а задача математически, приёмами исчисления вероятностей становится вполне определенной.

В интервале расстояний r_2 и r_1 от места постоянного приложения труда, при данной скорости существующих транспортных средств v, нормально; при прочих равных условиях проживания, распределяются % трудящихся, выражаемый следующей зависимостью:

$$n = 100\frac{b}{v}(r_2 - r_1) - 230\frac{a}{v}(r_2 \lg\frac{r_2}{2{,}7v} - r_1 \lg\frac{r_1}{2{,}7v})\% \qquad (12)$$

где постоянные a и b находятся по предельным расстояниям R_1 (минимум) и R_2 (максимум), в которых расселение вообще возможно по условиям планировки:

$$a = \frac{v}{R_2 - 2{,}3R_2 \lg 2{,}7\frac{R_2}{R_1}}; \quad b = 2{,}3a \lg\frac{R_2}{v}. \qquad (13)$$

Даваемое в тексте решение задачи может быть получено следующим образом.

Пусть расселение, по условиям планировки, вообще возможно в пределах расстояний от I_1 и I_2 , выраженных во времени.

Обозначим вероятность поселения на расстоянии от I_1 до t через f(t). В таком случае вероятность поселения на расстояниях от I_1 до t+dt будет f(t+dt) и вероятность поселения на рассматриваемом расстоянии (по теореме сложения вероятностей и строке Тейлора) будет:

$$p(t) = f'(t)dt = \varphi(t)dt \qquad (14)$$

Вероятность поселения в интервале расстояний t_1 и t_2 будет:

$$p(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} \varphi(t)dt \qquad (15)$$

Так как расселение в границах планировки I_1 и I_2 достоверно, на дальней же границе I_2 вероятность поселения стремиться к нулю, то

$$P(J_1, J_2) = \int_{J1}^{J2} \qquad (16)$$

$$\varphi(J_2) = 0 \qquad (17)$$

Что касается вида функции φ(t) , то он определяется условием третьим, приведенным в тексте

$$d\varphi\ (t) = -\ a\ (dt/t)$$

откуда (18)

$$\varphi\ (t) = b - a\ \ln t$$

где a и b постоянные, определяемые на приведенных условий (16 и 17).

Условия (16,17 и 18) дают следующие уравнения для определения постоянных:

$$\varphi\ (J_2) = b - a\ \ln J_2 = 0$$

$$\int_{J_1}^{J_2} (b - a\ln t)dt = b(J_2 - J_1) - (J_2 \ln \frac{J_2}{e} - J_1 \ln \frac{J_1}{e}) = 1 ,$$

где e – основание непаровых логарифмов (в нашем случае достаточно принять e ~2,7).

Отсюда:

$$a = \frac{1}{J_2 - J_1 \ln 2{,}7 \frac{J_2}{J_1}}; b = a \ln J_2 .$$

Логарифмы натуральные.

Количество живущих в интервале расстояний t_1 и t_2 , выраженное в %, находим непосредственно по вероятности поселения в том же интервале (15 и 18) путем умножения ее на 100:

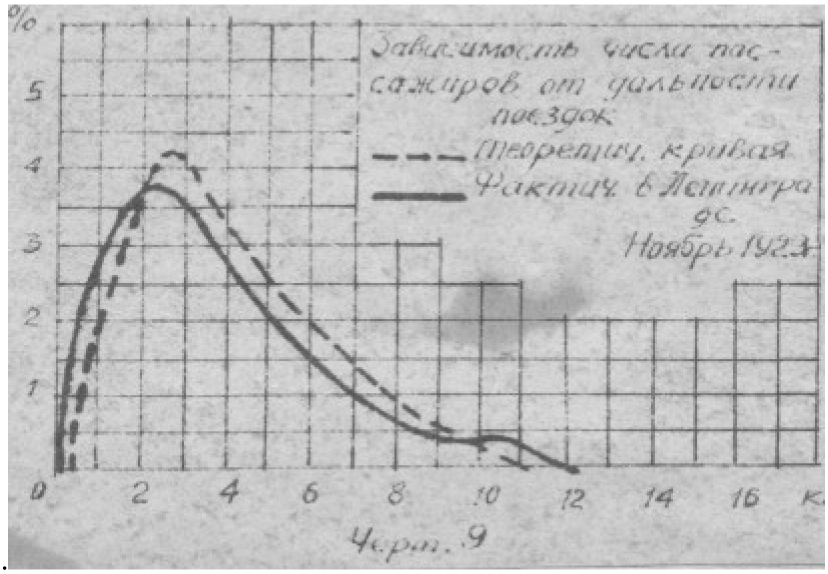
$$n = 100b(J_2 - J_1) - 100a(t_2 \ln \frac{t_2}{2{,}7} - t_1 \ln \frac{t_1}{2{,}7})\% .$$

Переходя от натуральных логарифмов к десятичным (модуль 2,3) и от времени к расстояниям с помощью очевидного соотношения t = r/υ, где r расстояние и υ скорость сообщения, и получим выражения, данные в тексте.

Формулы эти впервые получены автором еще в 1933 году и опубликованы в его работе «Планировка, транспорт и расселение», Харьков 1934 года, стеклографическ. изд.

Минимальное возможное расстояние R_1, на котором возможно поселение, очевидно представляет собою ширину зоны разрыва между местом приложения труда и селитьбой. Эта величина практически может колебаться от 0 до 2-х км. Максимальное расстояние R_2, на котором поселение еще возможно, условимся выражать в минутах времени, которые необходимы на преодоление этого расстояния с принятой скоростью городского сообщения. Это расстояние чаще всего принимается равным 60 минутам, реже 45 мин. Величины R_1 и R_2 так же как и υ, являются величинами установочными, проектными и выражающими в конкретных цифрах ту степень удобства расселения, с которой мы начали выше рассмотрение всего вопроса.

Проверку только что приведенного элементарного правила расселения произведем тем же способом, что и выше, т.е. путем построения на его основе теоретической кривой распределения пассажиров по дальности поездки и сравнения ее с фактической кривой для Ленинграда. Это сравнение и сделано на рис. 9



Сравнение этого свидетельствует об очень хорошем совпадении, полученной совершенно абстрактным путем кривой со статистической кривой, полученной из самой гущи опыта. И нужно не писать, разумеется, никакого уважения к законам случая, если столь полное совпадение обоих кривых приписывать случайности. Оно, напротив, является убеждающим доказательством того, что приведенное теоретическое объяснение кривых расселения в своей основе правильно отражает факты.

Элементарное правило расселения (12 и 13) устанавливает в явной форме зависимость расселения от расстояния и принятой скорости сообщения. Но, как следует из оснований вывода этих формул, расселение должно определяться только в функции времени, затрачиваемого на передвижение. И действительно, исключая из (12 и 13) расстояния через время и скорость (r = υt), получаем эквивалентную (12 и 13) формулу элементарного правила расселения в зависимости только от времени, затрачиваемого жителями города на передвижение:

$$n = 100b(t_2 - t_1) - 230a\left(t_2 \lg \frac{t_2}{2{,}7} - t_1 \lg \frac{t_1}{2{,}7}\right)\% \qquad (19)$$

где

$$a = \frac{1}{J_2 - 2{,}3 J_1 \lg 2{,}7 \frac{J_2}{J_1}}; b = 2{,}3a \lg J_2 \qquad (20)$$

По этим формулам находится расстояние в %% в интервале времени на передвижение от места жительства к месту работы от t_1 до t_2, при условии, что расселение возможно в интервале времени от J_1 до J_2.

4. Влияние отдельных параметров расселения.

В формулах расселения (12 и 13) фигурируют три определяющих расселения параметра: границы расселения – нижняя R_1, и верхняя R_2 и скорость сообщения. В трансформированных формулах расселения (19 и 20), зависимых только от времени, фигурируют те же три параметра, из них в явной форме две нижняя и верхняя границы расселения J_1 и J_2 во времени пути до них и в неявной форме скорости сообщения, поскольку она и определяет время. Нам надлежит теперь выяснить степень влияния на расселение этих параметров.

Нетрудно убедиться, что расселение определяется границами расселения и явно не зависит от скорости сообщения. Этот парадоксально звучащий факт находит свое объяснение в том обстоятельстве, что верхняя граница расселения R_2 , конечно, всегда устанавливается в зависимости от скорости принятых средств сообщения: она не может быть равна, положим, 10 км при пешем сообщении и наверное будет больше при внеуличном городском транспорте. Убедиться в справедливости сделанного заключения можно непосредственным подсчетом. Так, например, положив верхнюю границу расселения R_2 = 10 км (при R_1 = 0,0), найдем при пешем сообщении υ = 4,5 км/час, что на первом километре поселится 38% населения, на втором 15 % и т. д.; то же получим и при транспортном сообщении (υ = 10 км/час).

В общей форме в справедливости этого положения легко убедиться аналитически. Простой подсчет показывает действительно, что точное правило расселения (12 и 13) можно заменить приближенным:

$$n = \frac{230\Delta r}{R_2 - 2{,}3R_1 \lg 2{,}7\frac{R_2}{R_1}} \lg\frac{R_2}{r}\% \qquad (12)$$

где – Δr - интервал расстояния, в котором ищется число живущих при среднем расстоянии этого интервала от места приложения труда, равным r. В этом выражении скорость сообщения не фигурирует.

Данная формула (12) получается из формул 14,18 и 13. Действительно по формулам 14 и 18 вероятность поселения в интервале dr равна:

$$p = (b - a\ln\frac{r}{v})\frac{dr}{v}$$

почему в этом интервале поселится

$$dr = \frac{100}{v}(b - a\ln\frac{r}{v})dr, \%$$

что после подстановки сюда значений а и b из (13) даст правило расселения в дифференциальной форме

$$d_n = \frac{100}{R_2 - 2{,}3R_1 \lg 2{,}7\frac{R_2}{R_1}} \ln\frac{R_2}{r} dr\% \qquad (12)$$

Переходя к десятичным логарифмам и приравнивая приближенно небольшой интервал расстояний $\Delta r = dr$, получаем данную в тексте формулу.

Для случая отсутствия зоны разрыва (R_1=0) имеем

$$d_n = \frac{100}{R_2}\ln\frac{R_2}{r}dr \qquad (12^{1V})$$

Это следует из того, что

$$\lim R_1 \lg 2{,}7\frac{R_2}{R_1}=0$$

при $R_1 \to 0$

В большом числе случаев разрыв между местом приложения труда и селитьбой отсутствует (R_1=0). В этом случае правило расселения выглядит еще проще:

$$n = 230\frac{\Delta r}{p_2}\lg\frac{R_2}{r}\% \qquad (12)$$

Оно зависит от одного параметра – предельной дальности расселения. Мы покажем теперь, что это правило является общим. Действительно, во всех этих формулах расстояния и время на преодоление расстояний считается от места работы, которое, таким образом, принято за начало координат. Если это начало счета расстояний и времени перенести на нижнюю границу селитьбы (R_1 или J_1), что удобнее по самой природе задачи расселения, то оказывается, что влиянием на расселение зон разрыва между местами труда и селитьбой можно пренебречь по незначительности этого влияния.

В праве на такое упрощение можно убедиться непосредственным расчетом расселения. Действительно, максимально возможный разрыв в 2 км. покрывается обычным городским транспортом не более как за 10 мин. Противоположный крайний случай – отсутствие всякого разрыва.

Сравнение расселения для этих крайних случаев представлено в следующей таблице.

Интервал времени в мин.	Разрыва нет			Интервал времени в мин	Разрыв в 2 км.		
	Нормальное расселение				Нормальное расселение		
	J_2=60мин	J_2=45мин	J_2=30мин		J_2=60мин	J_2=45мин	J_2=30мин
1	2	3	4	5	6	7	8
0-5	30%	36%	46%	10-15	25%	32%	50%
5-10	19%	20%	25%	15-20	19%	23%	28%
10-15	13%	15%	15%	20-25	16%	18%	17%
15-20	10%	10%	8%	25-30	13%	12%	5%
20-25	8%	8%	5%	30-35	9%	9%	-
25-30	6%	6%	1%	35-40	7%	6%	-
30-35	5%	4%	-	40-45	5%	-	-
35-40	4%	2%	-	45-50	3%	-	-
40-45	3%	-	-	50-55	2%	-	-
45-50	2%	-	-	55-60	1%	-	-
50-55	1%	-	-	-	-	-	-
55-60	-	-	-	-	-	-	-
Итого:	100%	100%	100%	Всего:	100%	100%	100%

Достаточно согласный ход кривых расселения в этих крайних случаях оправдывает делаемое упрощение и позволяет построить единую, так сказать, темперированную шкалу нормального расселения.

<u>Нормальная шкала расселения</u>

В зависимости от времени, затрачиваемого на преодоление расстояния от места жительства до нижней границы селитебной зоны.

Время в минутах	Предел дальности расстояния		
	60 мин.	45 мин.	30 мин.
1	2	3	4
0-5	27%	34%	48%
5-10	19%	23%	26%
10-15	14%	15%	16%
15-20	11%	10%	6%
20-25	8%	7%	3%
25-30	6%	5%	1%
30-35	5%	3%	-
35-40	4%	2%	-
40-45	3%	1%	-
45-50	2%	-	-
50-55	1%	-	-
55-60	-	-	-
Итого:	100%	100%	100%
Удельное среднее расстояние в минутах ….	15	11	7

Графическая шкала нормального расселения представлена на рис. 10.

Черт. 10

Тенденция расселения на близких расстояниях во времени от мест постоянного трудового тяготения выражена в нормальной шкале расселения очень ярко: при часовом пределе дальности расселения удельное среднее расстояние поселения 15 мин., при 45-минутном пределе – 11 минут, при 30-минутном – 7 минут.

5. Удобство расселения

Удельная дальность расселения, очевидно, и является хорошим показателем удобства расселения, принятого в плане города. Показатель удобства, который мы обозначим ω, измеряется отношением фактической удельной средней дальности расстояния T к нормальной T_0, в обоих случаях выраженных во времени:

$$\varpi = \frac{T}{T_0} \tag{21}$$

Можно принять во всех практических расчетах предельную дальность расселения в 1 час. В этом случае T_0 = 15 минутам и

$$\varpi = \frac{T}{15} \tag{22}$$

Показатель удобства расселения, меньший 1, свидетельствует о выгодах принятого расселения; показатели, больше 1 – в его недостатках.

6. Расселение естественное и вынужденное

Обратим теперь внимание на то обстоятельство, что в достаточно большом городе нормальное расселение является вместе с тем и свободным или естественным расселением, под чем понимается устойчивость нормального расселения. Действительно как мы знаем, нормальное расселение берет свое начало из общих людям тенденций в оценке преодолеваемых расстояний. Поэтому всякое искусственное или вынужденное расселение имеет тенденцию к вырождению и более или менее скоро заменяется естественным расселением.

Происходит это многими способами. – Представители массовых профессий выбирают себе место работы, при прочих равных условиях, вблизи своего местожительства; проживающие слишком далеко от места работы – меняют место работы или местожительство; проживающие в ведомственных домах постепенно теряют трудовую связь со своими предприятиями и учреждениями даже при сохранении трудовой связи одного из членов семьи, другие самодеятельные члены семьи вольны выбирать себе место работы по своему усмотрению. Те или иные затруднения с изменением местожительства или места работы замедляют этот процесс вырождения вынужденного расселения, но не ликвидирует его. В небольших населенных пунктах, например, изолированных поселках при заводе, любое вынужденное расселение, напротив, может сохраняться неопределенно долго. Можно представить себе, например, селитьбу такого поселка в форме треугольника, опирающегося вершиной на предприятие, - случай полного извращения естественных тенденций к расселению. Иногда это может быть оправдано планировочной ситуацией, санитарными или архитектурными преимуществами. Но когда этого нет, - следует иметь в виду, что такое решение, нарушающее естественные тенденции расселения, является формалистическим.

Может быть задан вопрос, - какие последствия возникают для жителей города, в котором нарушен принцип свободного или естественного расселения? Ответ простой: жители такого города в массе своей будут считать его неудобным.

7. Флюктуация нормального расселения

Так как расселение – явление статистическое, то нормальное расселение никогда не соблюдается полностью во всей своей строгости. Напротив, те или иные отклонения от нормы совершенно закономерны. Поэтому необходимо (как во всякой задаче, решаемой методом исчисления вероятностей) установить пределы возможных отступлений от нормативных кривых расселения.

Пределы возможных отклонений от нормативных кривых расселения могут быть вычислены следующим образом.

Известно, что если m/n есть частота того или иного события, а n его вероятность, то вероятность утверждения, что

$$(\frac{m}{N} - n) \leq \alpha \qquad (23)$$

равна $\theta(h_\alpha)$, где h, так называемая, мера точности, равная

$$h = \sqrt{\frac{N}{2n(1-n)}} \qquad (24),$$

а θ обозначение известного в теории вероятности интеграла. Функция θ приближается к 1 чрезвычайно быстро и практически совершенно достаточно принять $h_\alpha = 2,76$, что равносильно одному отклонению от результатов этих расчетов на 10 000 случаев.

В нашем случае величины, входящие в эти выражения, имеют следующее содержание:

N – количество расселяемых по территории относительно каждого центра тяготения; m - число фактически поселившихся с учетом возможных отклонений; n – вероятность поселения на данном расстоянии, α – возможное отклонение.

Кроме возможного отклонения, α, возможно рассматривать и, так называемое, вероятное отклонение (т.е. такое отклонение, вероятность которого равна 1/2):

$$\rho = \frac{0,4709}{h} \qquad (25),$$

которое меньше возможного отклонения

$$\alpha = \frac{2,76}{h} \qquad (25)$$

при принятых условиях в 5,8 раза, или грубо 6 раз.

На графике 11 представлены для различных значений N не величины α, а еще больше удобные для практики значения:

$$(m – nN) \leq \alpha N$$

и 1/6 этого количества, соответствующая вероятному отклонению.

Результаты соответствующих вычислений представлены на рис. 11, где показаны, как вероятные отклонения, т.е. такие, что столь же возможны отклонения как больше, так и меньше этого (шкала справа), так и возможные отклонения, превышение которых будет встречаться не чаще раза в 10 000 случаев (шкала слева). Каждая кривая построена для определенного числа расселяемых от 500 до 25 000 чел., причем по горизонтальной оси отложены %% селящихся по нормальным кривым расселениям. Отклонения показаны абсолютные, но они равновероятны как со знаком плюс, так и знаком минус. Следуя кривым отклонений, например, устанавливаем, при расселении 20 000 рабочих какого-либо предприятия, что если на каком-либо расстоянии, по нормальной кривой расселения должно поселиться 20%, т.е. 4 000 чел., то вероятно, что в действительности поселится либо 4 037 чел., либо 3 963 чел., но возможно, что это будут и следующие числа:

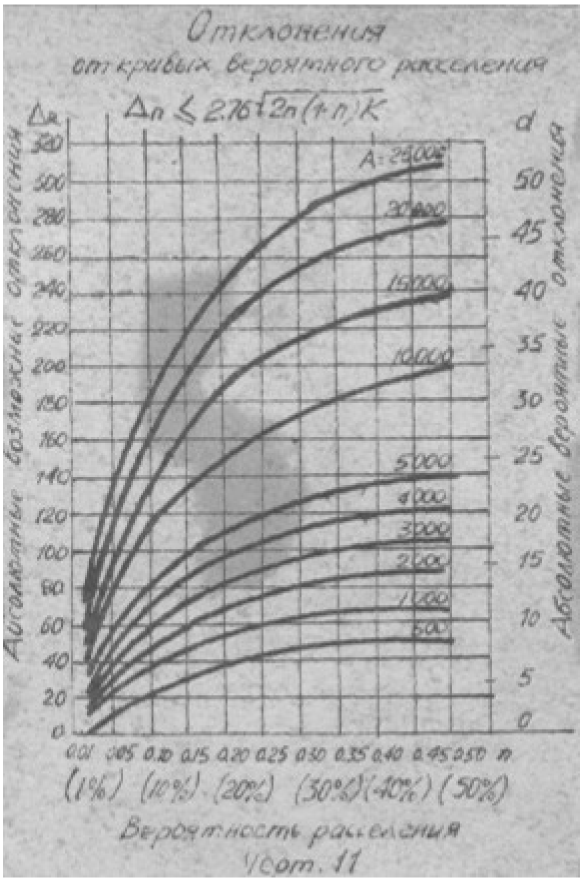
4 220 или 3 780 чел. Эти отклонения вносят в кривые нормального расселения относительно небольшие неправильности.

Тем не менее, они такого порядка, что не учитывать их в практических расчетах нельзя.

Действительно, как видим в приведенном примере (расселение трудящихся крупного предприятия в 20 тыс. рабочих и служащих), возможное отклонение на близких расстояниях составляет +/- 5,5%, на больших же расстояниях с вероятностью поселения порядка 1% - возможное отклонение достигает +/- 25%. При расселении трудящихся сравнительно небольшого предприятия в 100 рабочих будем иметь соответственно +/- 25% на близких расстояниях и +/- 100% - на дальних. Таковые возможные кривые редкие (1 на 10 000 случаев). Вероятные же отклонения будут следующего порядка:

для крупных центров тяготения на близких расстояниях	+/- 1%
для крупных центров тяготения на дальних расстояниях	+/- 4%
для малых центров тяготения на близких расстояниях	+/- 4%
для малых центров тяготения на дальних расстояниях	+/- 15%

Отсюда нужно сделать вывод, что индивидуальное расселение трудящихся небольших предприятий с числом рабочих и служащих менее 1000 – 500 чел. Трудящихся уже дает мало надежные результаты.



8. Типы расселения: скалярный, векториальный, диффузный.

Рассмотренные да сих пор правила и нормативы расселения по городской территории устанавливают количественные соотношения селящихся и оставляют без нормирования направленные расселения. Предъявляются в этом отношении единственные требования: пути расселения должны пересекаться в местах приложения труда. Они могут быть прямолинейными и криволинейными – это безразлично. Такой тип расселения, где имеют значения лишь количества расселяющихся, но не направления расселения, мы условимся называть скалярным расселением.

Не трудно видеть, что могут быть, однако, случаи когда расселение определяется не одной точкой трудового тяготения, а, например, двумя и, следовательно, оказывается уже фиксированным не только по величине, но и по направлению. Это будет иметь место всякий раз, когда в семье имеется больше одного работающего, при различных местах работы. Этот тип расселения, определяемый и по величине, и по направлению, мы назовем векториальным.

Наконец, нетрудно видеть, что помимо скалярного и векториального расселения должен существовать еще один распространенный тип расселения, который мы назовем диффузным. Необходимость существования этого типа расселения вытекает из того рассмотренного выше обстоятельства, что флюктуация расселения трудящихся мелких мест приложения труда (с числом рабочих и служащих менее 500 – 1000 чел.) настолько велика, что вся закономерность расселения, устанавливаемая его правилами, становится вовсе ненадежной.

Иными словами надо сделать вывод, что дать априорный расчет расселения трудящихся мелких предприятий и учреждений нельзя. Это обстоятельство никак, однако, не дискредитирует всю задачу расселения, а, наоборот, ее отчасти облегчает, так как мелких мест приложения труда город не имеет чрезвычайно много и они рассеяны по городской территории и достаточно равномерно. В силу этого, все население, связанное с мелкими местами приложения труда, может быть равномерно разбросано по городской территории. Отсюда и название этого типа расселения – диффузный.

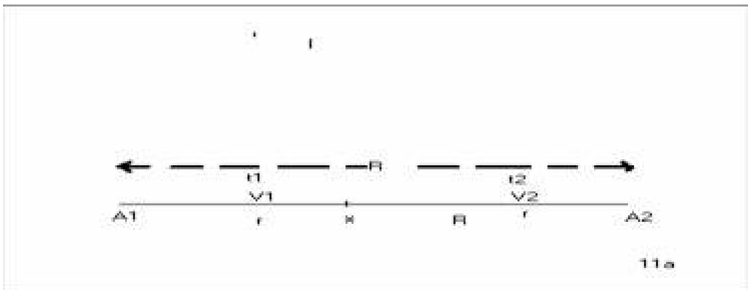
Диффузное расселение, как видим, характеризуется двумя признаками: оно равномерно распределяется по городской территории, составляя как бы фон для расселения, связанного с крупными центрами трудового тяготения, и, кроме того, оно дает хаотически распределенные по всем возможным направлениям потоки движения, что равноценно равномерности этих потоков по всем направлениям.

Векториальному, скалярному и диффузному типам расселения, как совершенно очевидно, должны соответствовать свои типы опирающейся на них планировки: диффузному типу – любая система, обеспечивающая равномерность точек городского плана, например, шахматная или радиально-кольцевая; скалярному типу – чистая радиальная система и, наконец, векторному типу – так называемая фокальная система планировки, т.е. система магистралей, соединяющих между собою центры трудового тяготения. В силу этого представляется важным установить количественное соотношение этих типов расселения, причем особый интерес должен представлять векторный тип расселения, как предъявляющий к планировке весьма определенные требования.

9. Правило векторного расселения

Ближайший анализ этого случая показывает, что векториальное расселение между двумя сопряженными центрами тяготения в первом приближении равномерно, независимо от видов существующего между ними транспорта. В условиях скалярного расселения, выбор места поселения определяется временем доставки к месту приложения труда. В условиях векториального расселения, когда оно зависит от двух точек приложения труда и двух работающих в этих точках, но проживающих вместе, в качестве критерия для выбора места поселения мы принимаем, как жизненно естественную и правдоподобную гипотезу, утверждение, что этот выбор совершается по принципу минимума суммы расстояний во времени для обоих работающих. Это и приводит тотчас же к формулированному выше правилу.

Действительно, выбор точки посещения X между центрами приложения труда A_1 и A_2, которые мы условимся называть в этом случае сопряженными, определяется временем.



$$t = t_1 + t_2 = \frac{r}{v_1} + \frac{R - r}{v_2}, \qquad (a)$$

где r расстояние точки A от X, R_1 – расстояние между A_1, A_2, υ_1 и υ_2 – скорости сообщения между точкой X и собственно точками A_1 и A_2. Если скорость сообщения по направлению A_1 и A_2 постоянна, т.е. $\upsilon_1 = \upsilon_2 = \upsilon$, то

$$t = R/\upsilon$$

т.е. не зависит от положения точки X между A_1 и A_2, что и доказывает равномерность расселения между этими точками.

Нетрудно показать, что и вообще при всех комбинациях пользования транспортом, расселение между двумя сопряженными пунктами приложения труда в первом приближении всегда равномерно.

Чтобы это показать, достаточно обратить внимание на то, что так как точка A_1 и A_2 совершенно равноценны, то и расселение относительно них, а, следовательно, и средней точки между ними, должно быть симметричным. Так же как и раньше, вероятность значения t будет:

$$P(t) = (b - a \ln t)\, dt.$$

Поэтому, обозначая через J_1 и J_2 пределы t и через J_0 значение t для средней точки между A_1 и A_2, это требование симметрии выразим так:

$$\int_{J_1}^{J_2} (b - a \ln t)dt = \frac{1}{2}; \int_{J_1}^{J_2} (b - a \ln t)dt = \frac{1}{2}$$
$$b(J_0 - J_1) - a(J_0 \ln \frac{J_0}{e} - J_1 \ln \frac{J_1}{e}) \cong \frac{1}{2}$$
$$b(J_2 - J_1) - a(J_2 \ln \frac{J_2}{e} - J_1 \ln \frac{J_1}{e}) \cong \frac{1}{2} \qquad (б)$$

При равенстве правых частей этих уравнений , в них оказаваются равными и коэффициенты при b при условии, что между местами приложения труда A_1 и A_2 и селитьбой нет защитных зон или ширины этих зон одинаковы. В первом приближении это допущено и можно сделать. Тогда из (а) находим, полагая r = 0; $J = R/\upsilon_2$, полагая r = R, находим $J = R/\upsilon$; наконец, полагая $r = R/\upsilon$ найдем:

$$J_0 = \frac{R}{r}(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2})$$

теперь ясно, что:

$$J_0 - J_1 = J_2 - J_0 = \frac{R}{r}\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right)$$

так как соотношения (б) должны быть справедливы при любых R_1, υ_1 и υ_2, а поэтому и J_0, J_1 и J_2 , то при условии (в), это может быть только в том случае, если а = 0, но это означает, что:

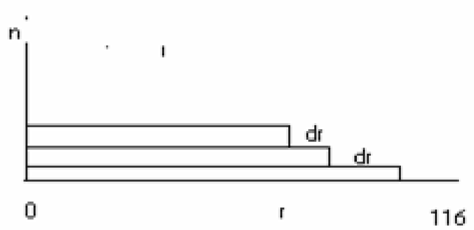
$$p(t) = bdt = \frac{dt}{R\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right)}$$

т.е. является величиной постоянной во всем интервале между A_1 и A_2.

В условиях скалярного расселения, выбор места поселения определяется временем доставки к месту приложения труда. В условиях векториального расселения, когда оно зависит от двух точек приложения труда и двух работающих в этих точках, но проживающих вместе, в качестве критерия для выбора места поселения мы принимаем, как жизненно естественную и правдоподобную гипотезу, утверждение, что этот выбор совершается по принципу минимума суммы расстояний во времени для обоих работающих. Это и приводит тотчас же к формулированному выше правилу.

Оказывается, однако, что векториальный тип расселения, несмотря на кажущуюся его частоту, встречается довольно редко. Действительно, в ряде случаев векториальное расселение в своем статистическом аспекте, только и имеющем значение для планировки, приводится к скалярному расселению. Так, векториальное расселение при двух работающих в одном и том же месте приложения труда, очевидно, происходит по правилу скалярного расселения. К случаю скалярного расселения приводится и тот случай векторного расселения, когда один из работающих связан с крупной площадкой трудового тяготения, другой же – с диффузно разбросанными мелкими местами приложения труда, например, учреждениями обслуживания. Это непосредственно ясно по отношению к направлению расселения от крупного центра трудового тяготения, но может быть приведено к правилу скалярного расселения и в количественном отношении.

Действительно, на каком бы расстоянии r от площадки сосредоточенного трудового тяготения 0 ни работали вторые активные члены семьи, эта группа, подчиняясь правилу векториального расселения, распределиться на этом расстоянии r равномерным тем более тонким слоем, что больше r .



Выражая количество проживающих на расстоянии r через число проживающих на расстоянии r + dr , будем иметь очевидную зависимость:

$$n(r) = n(r + dr) + \frac{a}{r}dr$$

где а – коэффициент пропорциональности. Но отсюда

$$dn = \frac{a}{r} dr \quad ,$$

что и выражает собою, как мы уже знаем, правило скалярного расселения в его дифференциальной форме.

Наконец, векториальное расселение для того случая, когда оба работающих связаны с мелкими центрами тяготения, разбросанными по всей территории города равномерно, очевидно, в статистическом аспекте дает картину диффузного расселения.

Таким образом, векториальное расселение во многих случаях дает статистическую картину скалярного и диффузного расселения. И можно показать, что на случаи подлинно векториального расселения падает обычно весьма небольшой процент населения порядка 15% и не превышающий 25% в самом неблагоприятном случае. С векториальном расселением во многих случаях можно не считаться.

Показать это можно следующим образом. Выделим все активные группы, подчиняющиеся правилу скалярного расселения. Сюда относятся, прежде всего, одинокие, число которых от всего населения обычно около 11%, и, следовательно, от активного населения (при коэффициенте не активности около 1,8) 20%. Остальные 80% активного населения – семейные. Они – при полной активизации семьи – будут иметь по 2 работающих. Скалярно, как выше выяснено, будут расселяться те из них, у кого второй работающий работает на одном предприятии с первым (пусть вероятность этого будет P_{11}, число рабочих на этом предприятии n_1, равным образом, скалярно будут жить и те из них, у кого второй активный будет работать в диффузно разбросанных мелких предприятиях и учреждениях обслуживания), те же показатели P_{10}, n_0; векториально поселяется лишь та их часть, где второй активный работает на каком-либо ином, нежели первый активный, крупном предприятии (показатели P_{12}, $n_к$).

Обозначая коэффициент пропорциональности через α будем, очевидно, иметь следующие равенства, выражающие собою ту мысль, что вероятность того, что второй активный в семье будет работать в одной из перечисленных трех групп, пропорциональна численности этих групп. Никакого множителя, зависимого от расстояния соответственных мест приложения труда от места жительства, не вводится, так как векториальное расселение происходит равномерно между местами приложения труда. Итак,

$$P_{10} = dn_0; \quad P_{11} = \alpha n; \quad P_{ik} = \alpha n_{k.}$$

Нам интересно знать лишь отношение

$$\frac{P_{10} + P_{11}}{P_{12}} = \frac{n_0 + n_1}{n_k}$$

n_0 – выражающее собою число рабочих и служащих предприятий и учреждений главным образом обслуживания, обычно близко к 26% всего населения. Что касается n_1, то для самых крупных предприятий большого города (для которого все это рассуждение только и имеет смысл), например, такого типа как Горьковский автозавод, n_1 – не больше 7% и в очень большом городе и для меньших предприятий – значительно меньше. Наконец, $n_к$ – второй крупный завод, один или несколько – не может дать $n_к$ больше 23% (т.к. всех активных не больше 56% населения). Обычно же $n_к$ будет порядка 7-14%.

Отсюда находим, что в самом неблагоприятном случае, т.е. с тенденцией занизить число скалярно живущих, будем иметь:

n_k	$(P_{10}+P_{11}) / P_{ik}$	То же в % % от всего населения	Скалярно живущих одиноких	Всего скалярно живущих
1	2	3	4	5
0	Неограниченно велико	80%	20%	100%
7%	4,7	66%	20%	86%
14%	2,3	56%	20%	76%
23%	1,44	47%	20%	67%

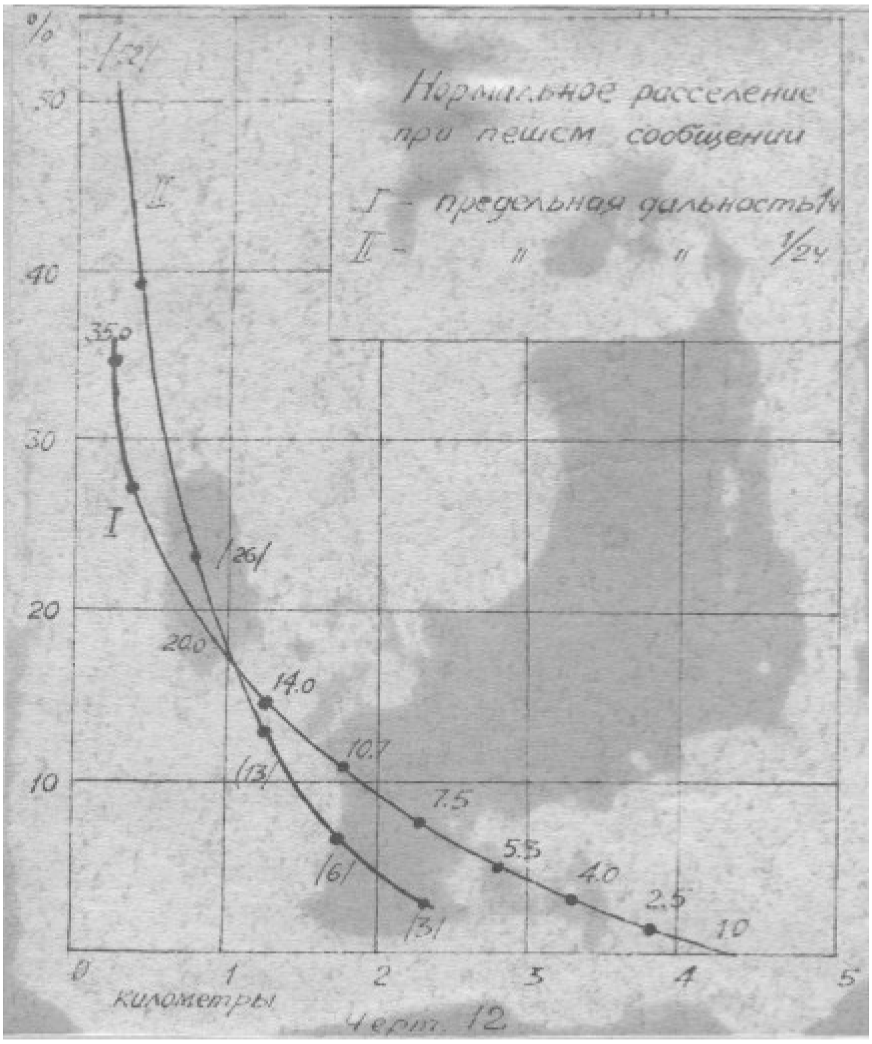
Как видим, действительно, векториально расселяющееся население не может составлять больше 1/3% всего населения, обычно значительно меньше и оказывается вообще тем меньшим, чем больше город. Векториально живущее население может быть значительным лишь в небольших населенных пунктах с 2-3 крупными градообразующими и относительно близко расположенными друг к другу предприятиями. Но в этом случае все линии трудовых связей ясны и без рассматриваемой методологии, вообще относимой, главным образом, к большему городу.

10. Нормальное расселение при пешем сообщении

Простейший случай расселения – это расселение под действием одной управляющей скорости. Такой случай чаще всего представится в небольших поселках, где нет никакого транспорта и где расселение, поэтому, подчиняется требованиям пешего сообщения. Мы получим правило расселения при пешем сообщении, если в основных формулах (12 и 13) примем скорость сообщения равную 4,5 км/час и примем предельную дальность пешего сообщения в 1 час или ½ часа, т.е. в 4,5 км. или 2,25 км. Соответственно этой двойственности предельной дальности пешего сообщения, - мы получаем и 2 правила расселения:

T = 1 час		T = ½ часа	
Расстояния в км.	% селящихся	Расстояния в км.	% селящихся
0-1	55	0-1	78
1-2	24,7	1-2	19
2-3	12,8	2-2,25	3
3-4	16,5	-	-
4-4,5	1,0	-	-

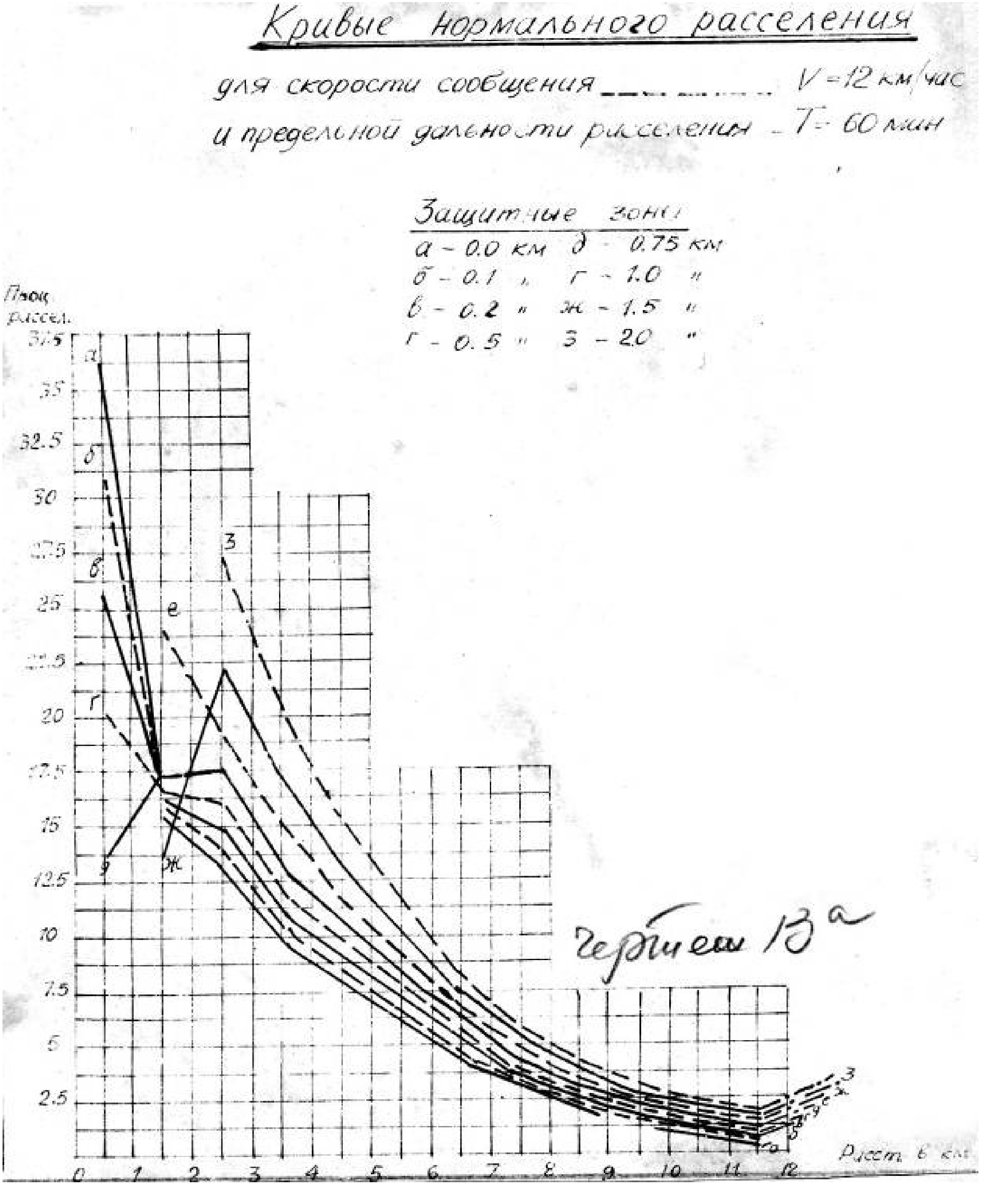
Те же правила в графической форме представлены на рисунке 12.



Значительная часть населения и в крупных городах, при наличии механического транспорта, совершает передвижения к месту работы пешком. Эта часть населения следует также правилам расселения при пешем сообщении.

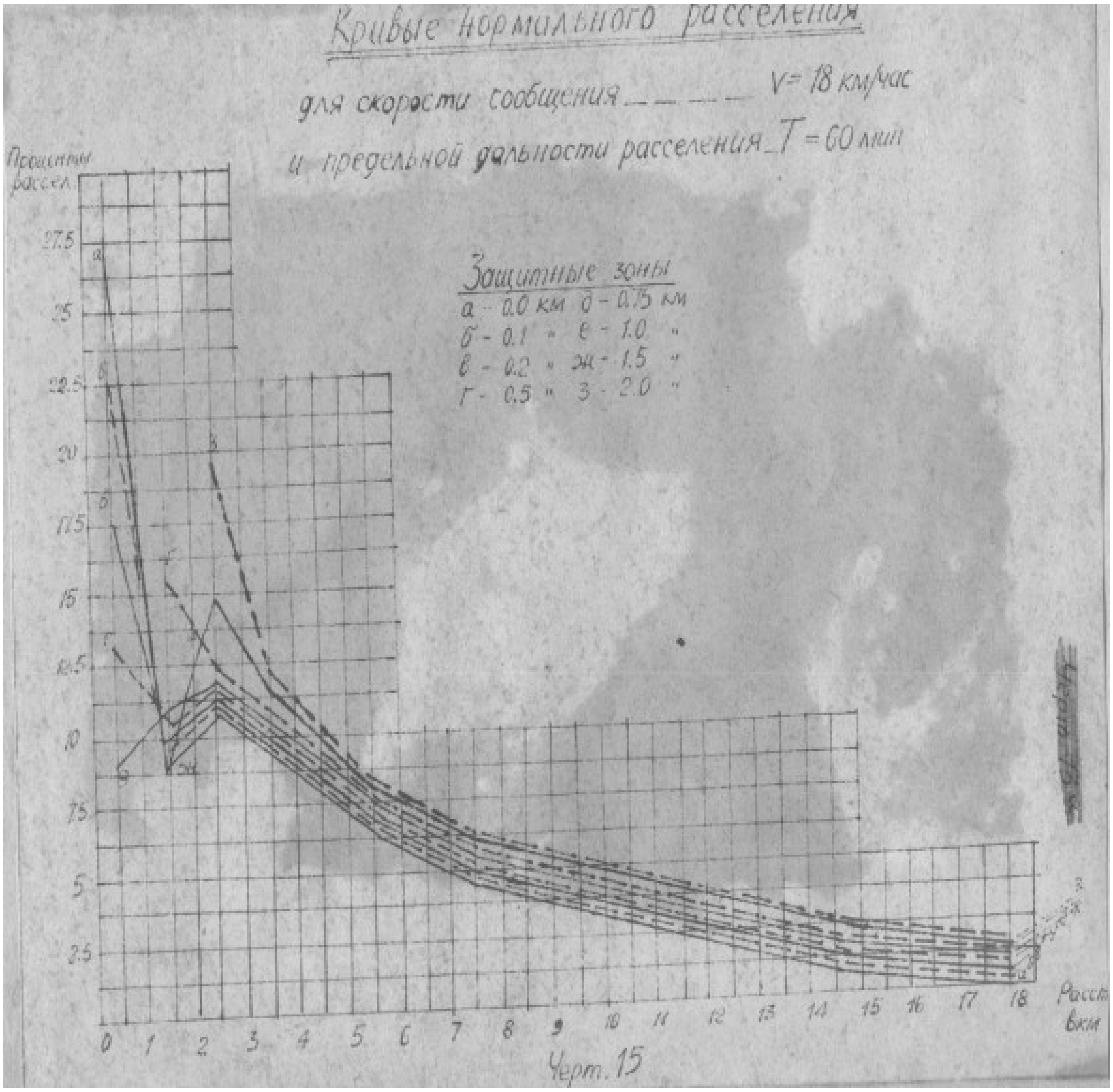
11. Нормальное расселение при скоростях механического транспорта.

Расселение при скоростях механического транспорта в чистом виде можно наблюдать редко. Это может случиться при относительно большом отдалении селитебных зон от места приложения труда. Но правила такого расселения необходимо знать, т.к. они определяют распределение пассажиров по дальности поездки. В приложении даются таблицы и кривые нормального расселения для скоростей сообщения от 10 до 18 км/час, при предельной дальности расселения в 1 час пути, 45 минут и 30 минут и при зонах разрыва между селитьбой и местами труда в 0; 0,1; 0,2; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,0 км. Два примера кривых расселения этого рода для скоростей сообщения в 12 км/час и 18 км/час при часовой предельной дальности расселения приведены на рис. 13-а и 15.



12. Вероятность пользования транспортом

При наличии в городе даже очень развитого транспорта, все же значительная часть передвижений в городе совершается пешком. Определение соотношения пеших и транспортных потоков движения является, поэтому, важнейшим моментом теории движения и расселения в городе. Вместе с тем, определение вероятности пользования транспортом является сложной задачей. Она, очевидно, зависит от степени развития транспортных сетей в городе, от доступности транспорта, его комфортности, стоимости и, наконец, дальности передвижения. Учесть все эти моменты аналитически едва ли возможно. С другой стороны, для апостериорного определения этой вероятности необходим учет тех же обстоятельств. Иначе такое апостериорное определение вероятности будет иметь чисто местное значение. Особенное значение в этом случае имеет «транспортная вооруженность» города: ибо, если люди ходят пешком в силу того, что нет возможности ехать, - это никак нельзя считать за нежелание или непривычку пользоваться транспортом.



Единственные опытные, нам известные, данные касательно 85 000 передвижений относятся к Ленинграду в 1932 году («Методология планировки внутригородских пассажирских перевозок», Ленинград, 1935 г., изд. Ленсовета, стр. 60). Ленинград может считаться городом достаточно транспортно вооруженным. Данные эти (см. черт. 13) показывают, что предельная дальность пешего сообщения достигает в Ленинграде 6 ½ км. Те же данные позволяют найти и вероятность пользования транспортом на любом промежуточном расстоянии. По этим данным вероятность пользования транспортом ($\psi(r)$) возрастет с расстоянием следующим образом:

r	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6
$\psi(r)$	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95

Закон этого возрастания должен быть, очевидно, тот же, что и закон расселения. Поэтому он должен выражаться через логарифм времени, затрачиваемого на путь, следующим образом:

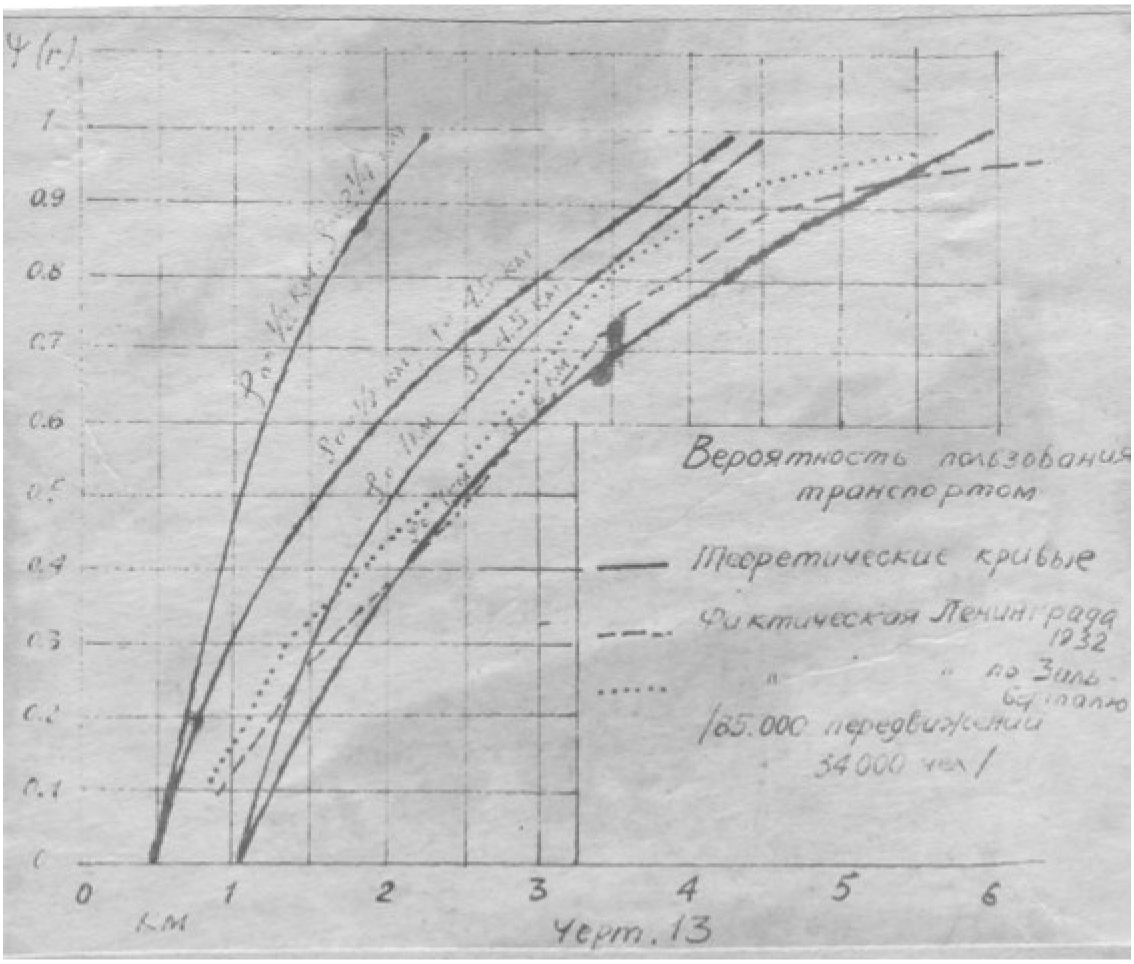
$$\Psi(t) = \beta + \alpha \lg t,$$

где α и β постоянные. Так как, очевидно, что на очень близких расстояниях, на преодоление которых нужно очень мало времени (обозначим это пороговое время через T_0), транспортом не пользуются, то $\psi(T_0) = 0$. Таким же образом, очевидно, что на некотором достаточно большом расстоянии, на преодоление которого нужно время T, все пользуются транспортом, т.е. $\psi(T) = 1$. Этих двух условий достаточно для определения постоянных α и β. Выражая тот же порог в расстояниях

– минимальное ρ_0 и минимальное ρ - найдем вероятность пользования транспортом на расстоянии r в следующем виде:

$$\Psi(r) = \frac{\lg(\frac{r}{\rho_0})}{\lg(\frac{\rho}{\rho_0})} \qquad (27)$$

Формула эта удовлетворительно представляет приведенные выше ленинградские наблюдения. Пользуясь этим обстоятельством, можно перспективные вероятности пользования транспортом, т.е. при лучшем его построении и больших удобствах, рассчитывать изменяя соответственным образом пороговые расстояния ρ_0 и ρ. Мало вероятно, чтобы и в будущем нижний порог пользования транспортом ρ_0 сильно изменился – он не опустится ниже ρ_0 = 0,5 км; но верхний порог - ρ менее устойчивы: для перспективных расчетов его не следует брать более ρ = 4,5 км., т.е. часа пути и еще правильнее полагать ρ = 2,25 км. т.е. ½ часа пешего пути. На рис.13 дан ход соответственных кривых.



Исходя из приведенных соображений, для более близких перспектив может быть принята следующая расчетная вероятность пользования городским массовым транспортом на различных расстояниях:

Интервалы расстояний в км.	0-1	1-2	2-3	3-4	> 4
Вероятность пользования транспортом	0	0,3	0,6	0,85	1

А для более далеких перспектив, при более совершенном обслуживании транспортом:

Интервалы расстояний в км.	0-1	1-2	> 2
Вероятность пользования транспортом	0,25	0,75	1

Совершенно ясно, что вероятность пользования транспортом, наряду с правилами расселения, определяет собою, в частности, и такие важные показатели, как общие массы пешего и транспортного трудового движения.

13. Трудность сообщения

При решении ряда вопросов, и, прежде всего, вопроса о выборе между параллельно существующими видами транспорта разных скоростей сообщения, - необходимо уметь производить оценку трудности сообщения на данное расстояние.

Назовем через T_0 «транспортный порог времени», т.е. то максимальное время, с которым мы еще не считаемся при решении вопроса о выборе вида сообщения. Так как пользование транспортом начинается с расстояния ρ_0 = 0,5 км., то очевидно

$$T_0 = 0{,}5/4{,}5 = 0{,}11 \text{ часа.}$$

Округляя несколько это число, мы устанавливаем транспортный порог времени

$$T_0 = 0{,}10 \text{ час.}$$

Если на сообщение затрачивается времени t , то трудность такого сообщения в децибелах, очевидно, будет

$$J = 10\lg\frac{t}{T_0} \tag{30}$$

Или, так как $t = r/v$, где r – расстояние в км. и v – скорость сообщения в км/час, то имеем также и такое выражение для трудности сообщений

$$J = 10\lg\frac{r}{vT_0} \tag{31}$$

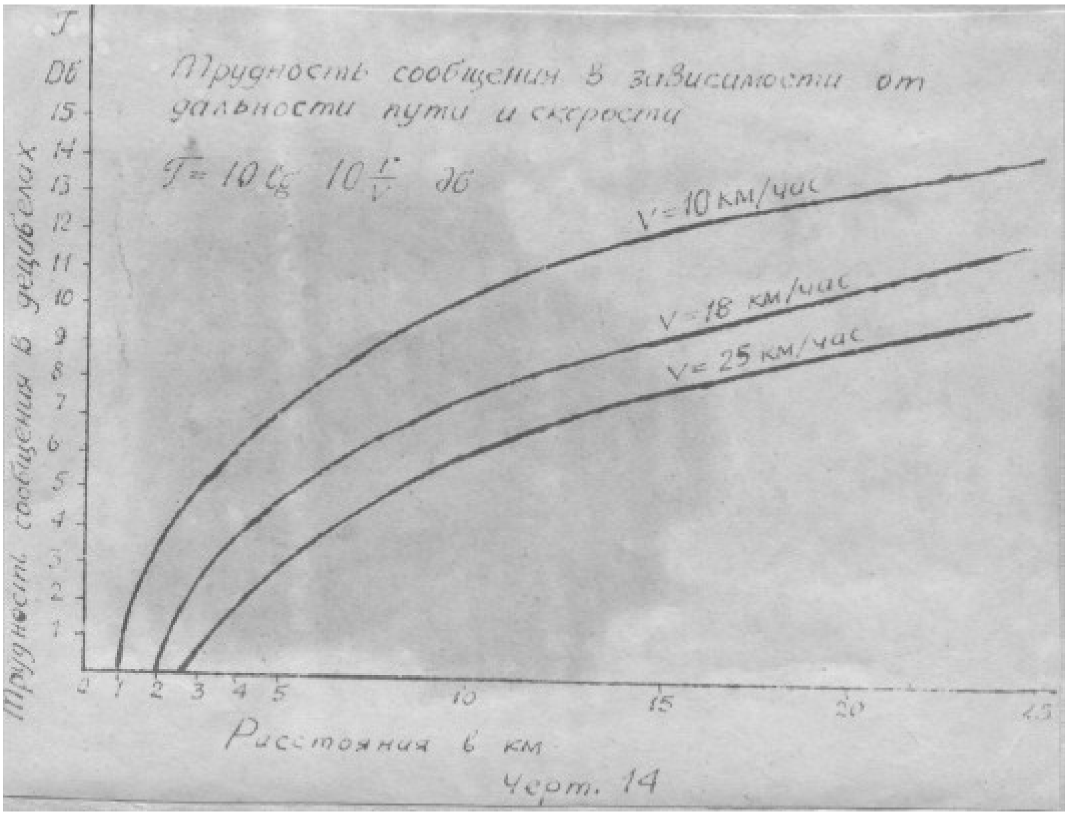
А практически, принимая во внимание значение транспортного порога времени T_0 (29), имеем окончательно:

$$J = 10\lg\frac{10r}{v}\,\textit{децибел} \tag{31}$$

В основу этой формулы положен в чистом виде закон Вебера-Фехнера в данном случае к оценкам времени, затрачиваемого на преодоление расстояния r км. со скоростью v км/час.

Численные значения трудности сообщения приведены на рис. 14.

Сравнение трудностей сообщения при различных скоростях и расстояниях приводит к неожиданному результату: увеличение скорости сообщения на близких расстояниях имеет гораздо большее значение, нежели на расстояниях больших.



Действительно, например для 3 км перемещения пользование 10 км/ч. скоростью сообщения на трамвае в 2 раза обременительнее, нежели 18 км/час скоростью сообщения внеуличного транспорта; для 10 км перемещения то же отношение трудностей составляет 1,33 (а именно 10/7,5).

Предельно допустимая трудность сообщения, очевидно, зависит от принятой предельной дальности расселения, выраженной во времени. При часовой предельной дальности расселения, - предельная допустимая трудность сообщения, как видим из графика 14, равна 10 децибелам. Она равна 7 децибелам при ½ часовой предельной дальности расселения.

14. Понятие доступности

Понятие доступности сообщения является противоположным понятию доступности пункта сообщения.

Поэтому, численный измеритель доступности D легко получить, определив его, как величину обратную трудности сообщения:

$$D = \frac{1}{J} \qquad (32)$$

Внутри пороговой зоны сообщения, т.е. при затратах времени на передвижение менее 0,1 часа, трудность сообщения равна нулю. Соответственно этому доступность – абсолютная (численно она неопределенно высока). При предельной трудности сообщения в 10 дб., - предельная доступность равна 0,1.

Доступность равна 1, когда трудность сообщения равна 1 децибелу. Это соответствует, как легко убедиться, полагая в (31) J = 1. Времени сообщения $t = \frac{r}{v} = 2,58$ часа, или приблизительно ¼ часа пути. Это, очевидно, очень хорошая доступность. Таким образом, практически доступность может колебаться в пределах от 1 до 0,1. Всякое искусственное увеличение доступности – излишне; уменьшение ее ниже 0,1 – вредно. Понятие доступности можно применять за основное и на нем строить всю теорию расселения и построения транспортных связей в городе. Так поступает А.М. Якшин в своей известной интерпретации этой проблемы.

15. Выбор соревнующихся видов транспорта

Существование параллельных видов массового транспорта встречается редко, разумеется, если они преследуют одну и ту же цель.

Нельзя представить себе два одинаковых маршрута трамвая и автобуса или трамвая и метро с одними и теми же расстояниями между остановками. В такого рода сопряжения видов транспорта нет смысла или, во всяком случае, он может иметь место очень редко. Другое дело, например, скоростной транспорт с редкими остановками и трамвай или троллейбус с более частыми остановками по одному маршруту. Такие виды транспорта уже не соревнуются между собою, а дополняют друг друга. Но при таком их сочетании у них уже может появиться соревнования, так как часть пассажиров предпочтет наземный, хотя и менее скоростной, транспорт. Мотивы такого предпочтения учесть трудно. Здесь может быть желание избежать пересадки, соображения удобства, иногда экономии и т.д. Во всяком случае, чем больше разница между собою трудности сообщения на одном др и другом возможном виде транспорта, тем скорее будет предпочтен более быстрый вид сообщения, разумеется, при равенстве всех прочих условий: стоимости, комфорта, надежности и пр.

Поэтому при соревновании двух видов транспорта разных скоростей, при равенстве всех прочих условий, можно принять, что отношение клиентуры этих видов транспорта равно отношению обеспечиваемой ими доступности. Требование равенства всех прочих, кроме скорости сообщения условий никогда не соблюдаются для индивидуального автомобильного сообщения (здесь выступает резкая разница в стоимости) и для пешеходного сообщения (где действует еще совершенно особый фактор выбора - утомление). Но выбор пешего сообщения определяется его вероятностью; выбор индивидуального автомобильного транспорта – его распространением, что в свою очередь определяется общими экономическими условиями, мало связанными с потребностями транспорта.

16. Расселение под действием нескольких управляющих скоростей сообщения

Только очень редко может случиться, что расселение в городе происходит под действием одной управляющей расселением скорости. Это может быть в небольших поселках вовсе лишенных транспорта, или тоже в небольших поселках, но находящихся на значительных расстояниях от производственной базы и связанных с нею каким-либо транспортом. Нормально в городах по меньшей мере две управляющие расселением скорости: скорость пешего сообщения и скорость сообщения средствами массового городского транспорта - трамвая, автобуса и троллейбуса. Обеспечиваемая ими скорость сообщения более или менее однородна - она обычно принимается в 10-12 км/час с учетом времени подхода к магистралям. Ниже приводятся расчеты, оправдывающие эти числа. Для внеуличного быстроходного транспорта, таким образом, скорость сообщения может быть принята в 25 км/час. Она принимается в 30-35 км/час для автомобильного транспорта.

Очевидно, что задача расселения под действием нескольких управляющих расселением скоростей сообщения решается очень просто, если известна клиентура каждого сообщения, т.е. распределение всей массы живущих между отдельными видами транспорта при трудовых передвижениях: клиентура каждого вида транспорта расселяется самостоятельно и независимо по соответствующему его скорости правилу. Задача сводится к определению клиентур отдельных видов сообщения.

17. Совокупное расселение в зонах пешего и транспортного сообщения

Рассмотрим теперь наиболее важный случай расселения под совокупным действием массового транспорта и пешего передвижения. В этом случае население делится на 2 группы: одна, составляющая **Р** %, совершает свои трудовые передвижения пешком, другая, составляющая **Т** % - пользуется транспортом.

Вероятность пользования транспортом выше определена [28] для более близкой и более дальней перспективы. Произведем подсчет для близкой перспективы. Скорость сообщения для транспорта принимаем в 12 км/час. Предельную дальность расселения в 1 час. Теперь, пользуясь кривыми нормального расселения, ведем расчет следующим образом:

Расстояние, км	Нормальная шкала расселения		Всего проживает	Вероятность пользования транспортом
	транспорт	пешее		
0-1	0,36 Т	0,55 Р	x_1 = 0,36 Т+ 0,55 Р	0
1-2	0,16 Т	0,25 Р	x_2 = 0,16 Т+ 0,25 Р	0,3
2-3	0,13 Т	0,13 Р	x_3 = 0,13 Т+ 0,13 Р	0,6
3-4	0,10 Т	0,17 Р	x_4 = 0,10 Т+ 0,17 Р	0,85
>4	0,25 Т	0	x_5 = 0,25 Т	1
	Т	Р	x_1+ x_2+ x_3+ x_4+ x_5 = Т+Р = 100	

По вероятности пользования транспортом находим клиентуру транспорта и пешего сообщения:

$$T = 0{,}3\ x_2 + 0{,}6\ x_3 + 0{,}85\ x_4 + x_5$$

$$P = x_1 + 0{,}7\ x_2 + 0{,}4\ x_3 + 0{,}15\ x_4$$

Для определения пяти неизвестных x_1 - x_5, составляющих расселение и клиентур транспорта и пешего сообщения - Т и Р, всего 7 неизвестных, имеем 7 уравнений и восьмое поверочное, являющееся следствием остальных. Решение этих уравнений не представляет никаких трудностей.

В общем виде задача решается следующим образом:

Если до границы пешей зоны сообщения по кривой транспорта расселено r, то в смешанной зоне надлежит расселить 1- r.

Вводим следующие обозначения

Интервал расстояния	Нормальная шкала расселения		Вероятность пользования транспортом	Расселяется в интервале
	транспорт	пешая		
1	2	3	4	5
0 - 1	t_1	p_1	α_1	x_1
1 - 2	t_2	p_2	α_2	x_2
2 - 3	t_3	p_3	α_3	x_3
3 - 4	t_4	p_4	α_4	x_4
>4	t_5	p_5	α_5	x_5

Обозначим через Р - все население, не пользующееся транспортом для регулярных трудовых передвижений, через τ население, регулярно пользующиеся механическим транспортом для трудовых передвижений. Очевидно, что

$$\tau = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \alpha_4 x_4 + \alpha_5 x_5 \qquad (33)$$

$$p = (1-\alpha_1)\, x_1 + (1-\alpha_2)\, x_2 + (1-\alpha_3)\, x_3 + (1-\alpha_4)\, x_4 + (1-\alpha_5)\, x_5 \qquad (34)$$

$$x_1 = t_1\tau + p_1 l$$

$$x_2 = t_2\tau + p_2 l$$

$$x_3 = t_3\tau + p_3 l \qquad (35)$$

$$x_4 = t_4\tau + p_4 l$$

$$x_5 = t_5\tau + p_5 l$$

Кроме того, как уже сказано, -

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \qquad (36)$$

Уравнения (33) – (36) приводят к следующей системе 6-ти уравнений с 5-ю неизвестными:

$$x_1\beta_{11} + x_2\beta_{21} + x_3\beta_{31} + x_4\beta_{41} + x_5\beta_{51} = x_1$$

$$x_1\beta_{12} + x_2\beta_{22} + x_3\beta_{32} + x_4\beta_{42} + x_5\beta_{52} = x_2$$

$$x_1\beta_{13} + x_2\beta_{23} + x_3\beta_{33} + x_4\beta_{43} + x_5\beta_{53} = x_3 \qquad (37)$$

$$x_1\beta_{14} + x_2\beta_{24} + x_3\beta_{34} + x_4\beta_{44} + x_5\beta_{54} = x_4$$

$$x_1\beta_{15} + x_2\beta_{25} + x_3\beta_{35} + x_4\beta_{45} + x_5\beta_{55} = x_5$$

при чем

$$\beta_{ik} = t\, k\alpha_i + P_k\,(1-\alpha) \qquad (38)$$

Уравнения эти совместны, ибо в системе первых пяти однородных уравнений одно из уравнений является следствием остальных, в чем легко убедиться, так как детерминант системы равен нулю.

$$\Delta = \begin{vmatrix} \beta_{11-1} & \beta_{21} & \beta_{31} & \beta_{41} & \beta_{51} \\ \beta_{12} & \beta_{22-1} & \beta_{32} & \beta_{42} & \beta_{52} \\ \beta_{13} & \beta_{23} & \beta_{33-1} & \beta_{43} & \beta_{53} \\ \beta_{14} & \beta_{24} & \beta_{34} & \beta_{44-1} & \beta_{54} \\ \beta_{15} & \beta_{25} & \beta_{35} & \beta_{45} & \beta_{55-1} \end{vmatrix} = 0 \qquad (39)$$

Это следует из того, что если строки этого детерминанта сложить, то результатом сложения в каждой колонке будет: $\alpha_1 \sum t + (1-\alpha_i) \sum p - 1 = 0$ ибо $\sum p = 1$ и $\sum t = 1$ и детерминант Δ будет иметь одну из строк,. состоящей из нулей. Решения системы (37) теперь находятся как величины, пропорциональные соответствующим минорам детерминанта Δ. Коэффициент пропорциональности находится из последующего уравнения системы (37).

Клиентура транспорта оказывается равной Т = 28 %, клиентура пешего сообщения - Р = 72 % и соответственно этому имеет место такая картина комбинированного расселения:

км:	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Расселено:	49,6	22,4	13	7,9	2,2	1,7	1,2	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1

7,1 %

Результаты этих расчетов чрезвычайно примечательны. В условиях достаточно большого города, вооруженного массовым городским транспортом, транспорт оттягивает за пределы зоны пешего сообщения сравнительно очень небольшую массу населения порядка 7%. В соответствии с этим, расселение в зоне пешего сообщения лишь слегка уменьшено против норм свободного расселения при наличии только пешего сообщения. Население, пользующееся для трудовых поездок транспортом, составляет около 30 % всего населения. Поэтому масса пешего движения приблизительно в 2,3 раза больше массы транспортного передвижения.

Полученные результаты, очевидно, в первую очередь зависят от принятых вероятностей пользования транспортом. Мы приняли на более близкую перспективу, что на первом километре интервала расселения никто транспортом не пользуется, что на втором километре транспортом пользуется 30 % населения, на третьем – 60 %, на четвертом – 85 % и далее все население.

Как пояснено выше, эти установки предусматривают большее пользование транспортом, нежели это фактически имело место в Ленинграде до последней войны. Чтобы проследить влияние на расселение вероятности пользования транспортом, приводим результаты аналогичных расчетов при таких значениях этих вероятностей: на первом километре пользуются транспортом 25 % живущих, на втором – 75 %, на третьем – все живущие.

При этих установках оказывается, что масса пользующихся транспортом Т = 63 %, масса пешего передвижения Р = 37 %. И расселение приобретает следующий вид:

км:	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Расселено:	43	19,5	13	8,5	5	3,5	2,5	2	1,5	1	0,5	-

16 %

Даже в этом случае, за зону пешеходного сообщения транспорт оттягивает лишь 16% населения за счет первых двух километров населения при пешем сообщении /когда на первом километре было бы 55 % и на втором 25 %/.

18. Масса пешего передвижения

В виду особой практической важности этого результата, отметим еще раз, что теория расселения позволяет установить соотношение между объемами транспортного и пешего передвижения в городе. Это соотношение, как мы видим, зависит от вероятности пользования транспортными средствами и скорости сообщения, гарантируемой транспортом.

В обычных условиях городского массового транспорта следует принимать, что объем передвижения в 2,5 раза больше объема транспортного передвижения, т.е.

$$P = 2{,}5\ T$$

Соотношение это можно интерпретировать и иначе, а именно, что средняя вероятность пользования транспортом при передвижениях равна ≈ 0,28:

$$\frac{T}{T+P} = \frac{1}{3.5} \approx 0.285$$

Расчеты этого рода должны быть основными при проектировании тротуаров улиц.

19. Коэффициент транспортной вооруженности территории

Важно отметить, что кривые нормального расселения предполагают наличие нормального вооружения территорий транспортными средствами, т.е. иными словами, такой организации транспорта города, при которой пользование им практически доступно для всего населения города. Если этого нет, если – вследствие недостаточного развития городского транспорта – не все население может регулярно пользоваться, то соответствующий вид транспорта может управлять расселением лишь в меру своего охвата передвижений, требующих транспорта.

Соответствующий коэффициент транспортной вооруженности города, технику определения которого можно пояснить лишь впоследствии и который мы условимся обозначить буквой φ, является очень важной для теории расселения величиной и понятием. Коэффициент φ определяет собою степень обслуженности транспортных нужд населения. Он может колебаться от 0 до 1.

Если этот коэффициент равен, скажем, 0,75, то это означает, что обслуживание транспортом трудовых передвижений населения, влияющих на расселение, таково, что 75% населения имеет возможность при расселении ориентироваться на транспорт, а 25 % населения лишено этой возможности и поэтому расселяется по правилу, определяемому скоростью – пешего сообщения.

В тех случаях, когда коэффициент φ меньше 1, - все значения по соответствующей кривой расселения, управляемого транспортом, должны множиться на этот коэффициент φ. В итоге будет расселена лишь φ-ая часть населения. Остальная $(1-\varphi)$-ая часть расселяется по кривой для пешего сообщения, для чего данные этой кривой множатся на коэффициент $(1-\varphi)$. Полученные %% селящихся для одинаковых интервалов расстояний складываются.

Вследствие этой операции правая часть нормальных кривых расселения за границей пешего сообщения опускается, левая часть, в пределах границ пешего сообщения, поднимается; пересечение так трансформированной кривой с кривой нормального расселения при $\varphi=1$ происходит в точках, соответствующих границе пешего сообщения, т.е. около 4 км. Мы вправе поэтому ожидать, что кривые фактического расселения для разных городов, наложенные друг на друга, будут расходиться гораздо более на концах (в начале и конце расселения), нежели в середине. Это мы и наблюдаем в действительности (см. рис.7), где расстояние в 4 км. характеризуется почти полным совпадением кривых.

Какое значение при анализе расселения имеет коэффициент φ, можно лучше всего видеть на примере Баку (см. рис. 5).

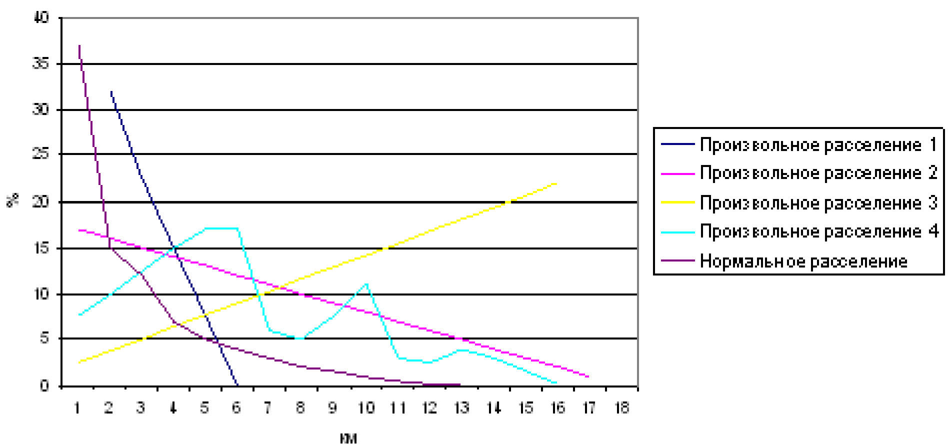
Если считать, что трудовые передвижения в Баку полностью обслужены транспортом (φ=1), то кривая нормального расселения для условий Баку будет сильно расходиться с кривой фактического расселения (на чертеже 5-м показано пунктиром). Напротив, теоретическая кривая расселения в предположении, что φ=0,75, дает прекрасное согласие с опытом.

Заметим, кстати, что когда нет под руками иных путей, современное же расселение трудящихся изучено, - можно, следуя обратным путем, определить коэффициент φ.

20. Техника производства расселения

Мы уже знаем, в какой мере обязательны для планировки правила расселения. Они обязательны в той мере, в какой обязательны и все остальные правила и нормы расселения, напротив, тепловые пределы зоны комфорта по шкале эффективных температур, предел перекрытия мощности человеческого организма при преодолении подъемов, предельные уклоны тротуаров, минимальная дуевая квадратура и кубатура, кратность вентиляции и пр.

Рис.16. Примеры произвольного расселения



Более или менее значительные нарушения всех этих правил реально переживаются, как неудобства. Нет никаких оснований произвольно нарушать и правила расселения или не считаться с ними вовсе, тем более, что, зная их природу и средства управления ими, в громадном большинстве случаев можно достигнуть гармоничного сочетания интересов расселения с интересами композиции плана и городского транспорта. Считаться с правилами расселения тем более обязательно, что всякого рода искусственные приемы расселения, подобные показанным на черт. 16, или иные, созданные фантазией планировщика, в каждом мало-мальски значительном городе могут просуществовать недолго. Как выше показано, - они быстро выродятся и придут к некоторому естественному стационарному состоянию, которое выше исследовано и определено в виде элементарного правила внутригородского расселения. Тем более, что в этих правилах выражена тенденция жить ближе к местам своей работы.

И нет оснований относиться небрежно к этой тенденции при планировке, ибо «надо упорно настойчиво проводить политику расселения применительно к тому, чтобы место жилья было бы вблизи от места работы»*

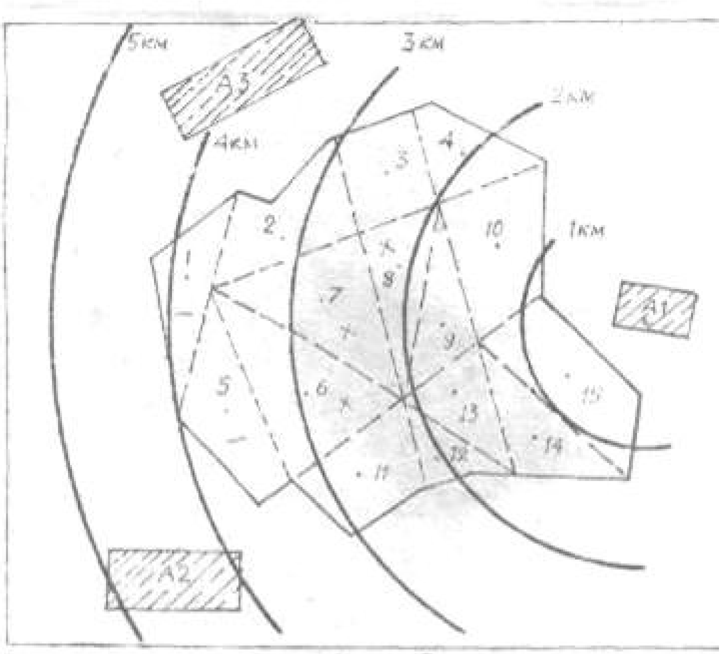
Покажем теперь, что принятие правил расселения непосредственно связано с основными показателями композиции городского плана и, прежде всего, с его геометрическими начертаниями и проектными плотностями заселения. В этих целях рассмотрим технику расселения в том практическом ее преломлении, в каком она может быть рекомендована в практике планировки в настоящее время.

Из оснований, которые частью изложены выше, а частью рассматриваются в дальнейшем, устанавливаются массы жителей, не пользующихся транспортом для трудовых передвижений, а также пользующихся теми видами транспорта, которые предполагаются в городе. При этом, важны лишь следующие подразделения по скоростям сообщения, с учетом подходов:

1. Пешее передвижения 4,5 км/час.
2. Трамвай, троллейбус, автобус 10 – 14 км/час.
3. Автомобиль 35 км/час.
4. Метро 25-30 км/час.

Более мелких делений можно не производить, так как различение, например, скоростей сообщения на трамвае, троллейбусе или автобусе практического значения в задаче расселения не имеет. Три первые категории передвижений обязательны во всяком городе. Метро, разумеется, лишь принадлежность городов, имеющих большие расстояния. В данном случае имеется в виду быстроходный массовый транспорт, безразлично – подземный, наземный или надземный. Каждому из этих видов передвижений соответствует своя скорость сообщения с учетом подходов, исходя из чего и надлежит расселять соответственную массу населения.

Предположим, что требуется расселить 30 % населения, пользующегося трамваем со средней скоростью сообщения в 12 км/час. Вместе с выбором управляющей расселением скорости сообщения, тем самым, выбрано и правило расселения, в данном случае представляемое рис. 13-а. Имея этот чертеж перед собой и зная из условий планировки ширину санитарной зоны разрыва между предприятием и селитьбой, можно для каждого расстояния между предприятием и тем или иным районом селитебной территории найти непосредственно % нормально селящихся в этом районе.



Черт. 17

Теперь надлежит намеченную планировкой из совокупности иных оснований территорию селитьбы разбить на более или менее однородные по размеру микрорайоны, подобно тому, как это сделано на рис. 17. Количество микрорайонов, естественно, зависит от размеров города. Для города порядка 500 тыс. проектного населения вполне достаточно взять около 20-25 микрорайонов. Расстояния между центрами соседних микрорайонов должны быть порядка 1 км. В каждом из микрорайонов намечается точкой, на глаз, его центр тяжести. Площади всех микрорайонов намеряются планиметром. Каждый микрорайон нумеруется.

Вслед за тем, на листе бумажной кальки или на листе прозрачного целлулоида из центра, помещаемого в середине, проводится концентрические окружности в том же масштабе, что и проект планировки, через каждый километр подобно тому, как это показано на рис. 17, где центр окружности принят центр тяжести промышленной площадки № 1. Так как передвижение по городу происходит не по прямым, а с некоторым коэффициентом непрямолинейности (обычно от 1,2 до 1,3), то радиусы окружностей должны быть уменьшены против масштаба в этом же отношении (совершенно достаточно принимать это сокращение в 1,25 раза).

Описанные простейшие приготовления должны быть завершены подготовкой еще следующей ведомости, в которой будут отмечаться все последующие операции (рис. 18).

Центры тяготения	Микрорайоны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	и т.д.
		Площадь микрорайонов в Га															
Наименование	Число расселяемых	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га	Га
1										х	х			х	х		
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
и т.д.																	
Проч.насел.																	
Всего																	
Плотность	Брутто																
Плотность	Нетто																

Рис. 18

В этой ведомости записывается число гектаров в каждом микрорайоне, а также наименование крупных площадок трудового тяготения с числом работающих не менее 1000 чел. и соответствующее им население, считая его плотностью, т.е. с иждивенцами и обслуживающим населением. Все остальное проектное население помещается в графу «прочее население».

Теперь можно приступить к самому процессу расселения. Калька или целлулоид с окружностями своим центром накладывается на центр тяжести первой площадки трудового тяготения. При этом, в зону до 1 км попадают один или несколько микрорайонов (на рис. 17 – один микрорайон № 15). Так как площадка трудового тяготения № 1 имеет санитарную зону разрыва в 0,5 км., то на черт. 13 пользуемся кривой «г», которая показывает, что в этой зоне желает жить 20 % населения, связанного с этой площадкой. Соответствующее число селящихся записываем в первой строке колонки № 15 ведомости.

Таким образом, в зону от 1 до 2 км попадает четыре микрорайона № 9, № 10, № 13 и № 14 (в ведомости они отмечены крестиками). Одновременно на счетах суммируются площадки этих микрорайонов. Число расселяемых на счетной линейке делится на эту сумму, после чего движением секла линейки находятся числа расселяемых, пропорциональные площадям микрорайонов. По окончании расселения населения, связанного с площадкой № 1, производится проверка правильности расселения путем сложения на счетах цифр всей первой строки ведомости, причем сумма должна быть равна числу расселяемых. После этого переходят к площадке № 2, для чего центр окружностей совмещают с центром тяжести этой площадки и т.д. до конца ведомости.

Население, отнесенное к группе «прочего», разносится по микрорайонам просто пропорционально площадям микрорайонов. Совершенно тем же путем производится расселение пользующихся пешим сообщением по графику черт. 12, а также части населения, связанной с быстроходным транспортом – метро и автомобилем.

После этого подбиваются итоги по каждому микрорайону, частные этих итогов к площади микрорайонов дают плотности заселения брутто. Переход от плотностей брутто к плотностям нетто очевиден, если учесть душевные нормы уличных пространств, внутриселитебных территорий обслуживания и внеквартальные зеленые насаждения микрорайонов.

Этим заканчивается первый тур операции расселения, дающий нормальное или желательное, расселение.

После этого надлежит приступить к анализу полученных итогов расселения. Несомненно, что в части микрорайонов получается более или менее нормальные и приемлемые плотности (которые, разумеется, всегда округляются), на столь же обычны и резки отклонения, причем в особо популярных микрорайонах получаются завышенные плотности, а в районах наиболее неудобно расположенных, - наоборот, сильно заниженные плотности. Вытекающие отсюда композиционные следствия очевидны. Микрорайоны с завышенными плотностями, если она расположены на границе селитьбы, могут быть увеличены (если это возможно по совокупности иных планировочных соображений), причем масштаб этого увеличения прямо подсказывается степенью завышения плотности. Микрорайоны же с заниженными плотностями могут быть либо соответственно урезаны, либо предназначены для экстенсивного малоэтажного строительства, либо, наконец, уплотнены за счет улучшения их транспортной связи с местами приложения труда. Этим заканчивается второй тур задачи расселения.

Возможно, что при этом будет достигнута необходимая гармония между композицией плана, расселением и плотностями заселения. Но вполне возможно т также, что этой гармонии достигнуть не удается. Тогда следует при ступить к третьей стадии решения задачи, а именно к производству вынужденного расселения, подчиняющегося композиционным требованиям.

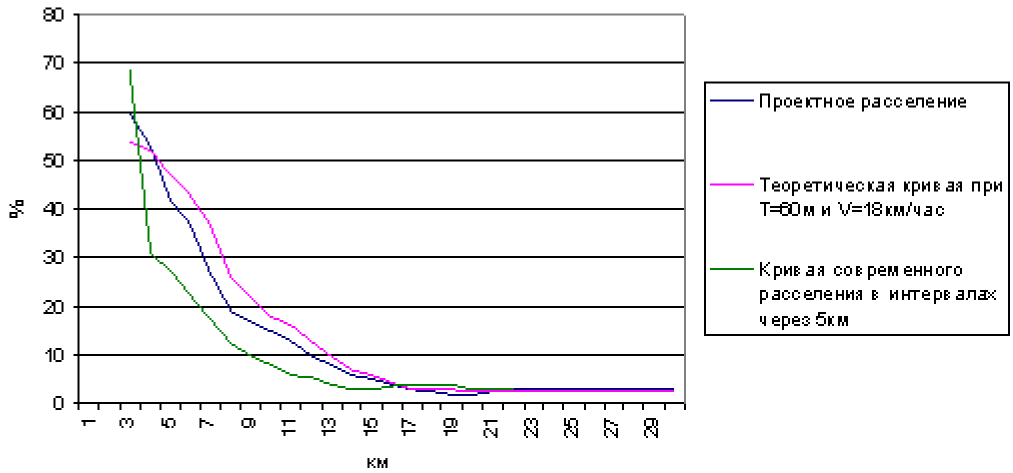
Эти композиционные требования, приспособленные в той мере, в какой это окажется возможным, к требованиям расселения, выразятся в конечном счете в назначенных для каждого микрорайона плотностях заселения. Подчиняясь этим назначенным плотностям, требуется найти наивероятнейшее расселение относительно тех же мест приложения труда.

Мы будем решать эту задачу по способу последовательного вытеснения, который заключается в следующем.

Производится сопоставление установленных плотностей заселения нетто в получившимися в итоге расселения желательными плотностями. Все микрорайоны, в которых получился избыток населения, намечаются крестиками, а с недобором населения – тире. Избыток населения я в каждом микрорайоне распределяется по площадкам тяготения пропорционально числу желающих жить в этом микрорайоне лиц, связанных с каждой из площадок тяготения. Естественно, что это избыточное население должно быть «вытеснено» в ближайшие по дальности от соответственных площадок тяготения микрорайонов с недобором населения. Сделать это поможет снова калька и целлулоид с концентрическим кругами. Снова накладывается эта концентрическая сетка на центр тяжести площадки тяготения № 1, после чего сразу становится ясным, куда надлежит вытеснить избыточное население с наименьшими для него неудобствами. Разумеется, если окажутся микрорайоны с недостатком населения, расположенные ближе к площадке тяготения, нежели те, откуда производится перемещение, то туда именно в первую очередь такое переселение и должно быть сделано; во вторую очередь переселение следует сделать в микрорайоны на том же расстоянии (если, разумеется, в них есть недобор населения); наконец, в последнюю очередь – в более удаленные микрорайоны. После окончания этих операций с площадкой тяготения № 1, не производятся никаких подсчетов, сетка окружностей накладывается на центр тяжести площадки тяготения № 2 и производится операция того же рода. После перебора всех площадок тяготения, установилась норма заселения; остается просуммировать население микрорайонов, где ранее был недобор населения. Сделав подсчеты и перейдя на плотности, может считаться, что необходимое равновесие будет найдено. В противном случае снова, уже для меньшего числа микрорайонов, устанавливаются микрорайоны с избытком и недостатком населения и вся описанная операция, но с меньшим числом переуплотненных микрорайонов, повторяется снова. Опыт показывает, что боле двух раз эту операцию приходится делать редко и обычно достаточно однократно – двукратного вытеснения.

После того, как расселение произведено, остается сделать сопоставление фактически достигнутого расселения с расселением теоретическим. Лучше всего это делать в графической форме. Сопоставление это можно произвести, как по городу в целом, так и по отельным крупным площадкам трудового тяготения. Какого соответствия между теоретическим и произведенным расселением можно достигнуть, - лучше всего говорит рис. 19.

Рис. 19. Кривая проектного расселения в сравнении с теоретической шкалой и современным расселением



* Каганович Л.М. Московские большевики в борьбе за победу пятилетки. Партиздат. 1932 г. стр. 93-94.

21. Статистика расстояний

Мы переходим теперь ко второй части задачи – решению транспортно-планировочных вопросов. Вполне естественно начать эти вопросы с исследования тех расстояний, которые приходится преодолевать жителю города. По ряду соображений, нас должны интересовать как средние расстояния в городе, так и распределение расстояний в городе по частоте, с которой они встречаются. Транспортники решают эти задачи обычно чисто эмпирически следующим образом. Они делят всю территорию города на микрорайоны подобно тому, как мы это только что делали на рис. 17 при производстве расселения; они намечают центры тяжести этих микрорайонов и затем делают промеры расстояний между помеченными точками. Если выбрано n микрорайонов, то необходимо произвести, очевидно, $\frac{n(n-1)}{2}$ измерений. При 0 микрорайонах это составит 190 примеров; в большом городе, таком как Москва, необходимо будет наметить не менее 80 микрорайонов, что приводит к 3160 промерам, что уже представляет довольно громоздкую работу. Распределяя найденные расстояния в определенных интервалах расстояний, лучше всего через 1 км., и подсчитывая количество случаев, в которых встречаются расстояния, падающие на данный интервал, мы получим искомую кривую распределения расстояний, причем шкалу удобнее всего строить в %%. Приводим в качестве примеров два случая таких кривых – для Уфы, по ее проекту планировки (рис. 20) и для Москвы (рис. 21), а также для Челябинска (рис. 21-а).

Рис.20. Кривая повторяемости одинаковых расстояний между микрорайонами (Уфа)

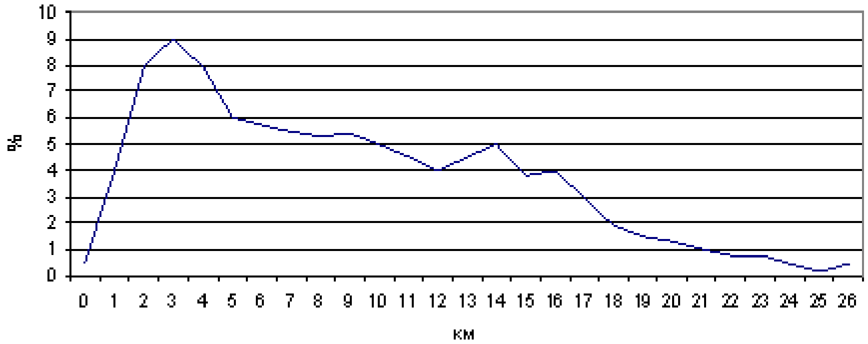


Рис.21. Распределение расстояний в Москве по 81 микрорайону общей площадью 210км^2 (Среднее расстояние Lm=6,55км, средняя дальность поездки lm=4км)

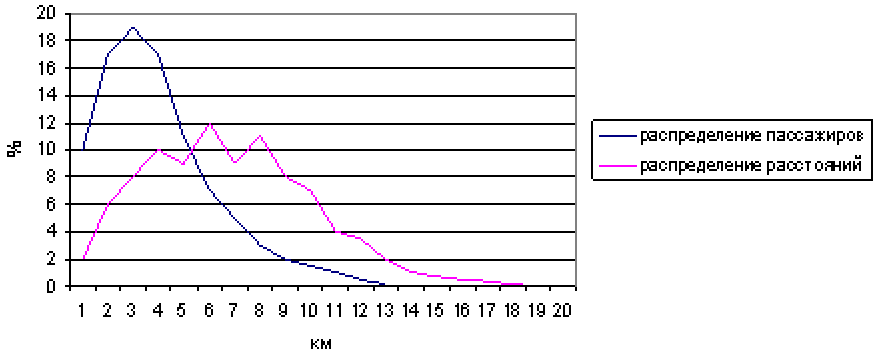
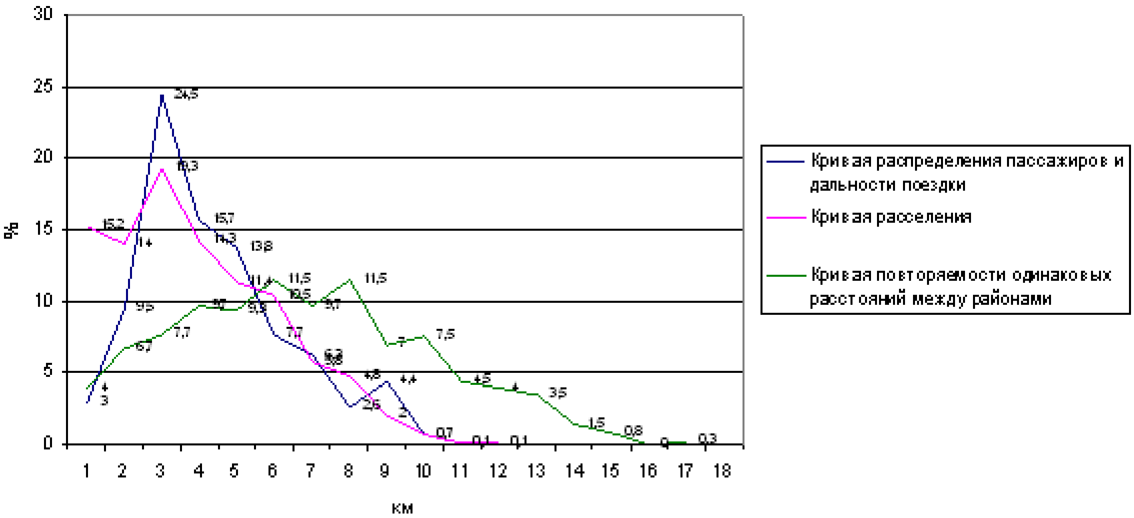


Рис.21а. Проект 1946г., проектное население 800тыс.чел. (средняя дальность поездки 4,2км)



По кривым распределения расстояний легко найти среднее взвешенное расстояние.

Кривые распределения расстояний и среднее расстояние в городе, конечно, являются одной из существенных характеристик удобства и компактности планировки. Без этих характеристик суждения о компактности или не компактности плана города носят качественный, не всегда убедительный характер. Однако, для количественного выражения этих характеристик плана необходимо иметь единицу сравнения. Такой естественный для компактности плана города единицей сравнения является круг той же площади, что и площадь города. Если угодно, можно взять для сравнения равновеликий квадрат.

Для обоих этих правильных форм задача решается аналитически. Нахождение частот, с которыми встречаются внутри того или иного контура различные расстояния, представляют собою не столь просто решаемую задачу. Интересно, что решение, применяемое транспортниками, приводит к принципиальной ошибке. При таком методе подсчета оказывается, что соседних точек, на малых расстояниях, всегда мало; мало и точек на очень больших расстояниях. Кривая распределения расстояний имеет максимум, отвечающий некоторому среднему расстоянию. Она напоминает собой поэтому кривую распределения пассажиров по дальности поездки. В действительности кривая распределения расстояний внутри контура максимума не имеет; наиболее часто встречаются малые расстояния.

Наиболее просто эту задачу можно решить для круга. Воспользуемся для этого известной в теории вероятностей задачей об игле. Бросаем внутрь круга диаметра D иглу длины r. Вероятность того, что эта игла пересечет контур круга пропорциональна r/D. Пусть коэффициент пропорциональности будет k. Вероятность p^1, что игла ляжет внутри круга, будет

$$p^1 = 1 - k\frac{r}{D} \qquad (42)$$

Но p^1 должно быть равным 0, когда r=D, т.е. k=1.

Поэтому $p^1 = 1 - \frac{r}{D}$ (42)

При этом предполагается, очевидно, что вероятность попадания внутрь круга отрезком длиной r пропорциональная количеству расстояний той же длины r внутри круга.

Частота, с которой расстояние r встречается внутри круга диаметра D, в интервале r от r_1 до r_2, будет:

$$p = \frac{\int_{r_1}^{r_2}(1-\frac{r}{D})dr}{\int_{0}^{D}(1-\frac{r}{D})dr}$$

или окончательно:

$$p = \frac{2D-(r_1+r_2)}{D^2}(r_2-r_1) \qquad (43)$$

При подсчете расстояний через 1 км., будем иметь:

$$p = \frac{2D-(r_1+r_2)}{D^2} \qquad (44)$$

Аналогично задача решается и для квадрата. Вероятность того, что игла длины r пересечет одну из параллельных прямых с расстоянием l между ними – равна отношению длины средней проекции r на перпендикуляр между параллельными kl. Так как все углы между иглой и перпендикуляром равновероятны, то средняя проекция соответствует углу в 45°, т.е. искомая вероятность равна $\frac{r}{\sqrt{2}l}$. Вероятность противоположного события, что игла не пересечет параллельных прямых, будет 1- $\frac{r}{\sqrt{2}l}$, а вероятность p^1, что игла не пересечет и вторых двух параллельных сторон квадрата, т.е. ляжет внутри квадрата, будет:

$$p^1 = (1-\frac{r}{\sqrt{2}l})^2 = 1-\sqrt{2}\frac{r}{l}+\frac{r^2}{2l^2} \tag{45}$$

она равна 1 для r=0 и равно 0 для $r = \sqrt{2}l$, т.е. для диагонали квадрата. Частота расстояний в интервале r_2-r_1, будет (по теореме вероятностей):

$$p = \frac{\int_{r_1}^{r_2} p^1 dr}{\int_0^{\sqrt{2}l} p^1 dr} = \frac{3(r_2-r_1)}{\sqrt{2}l}(1-\frac{r_1+r_2}{l}+\frac{r_1^2+r_1r_2+r_2^2}{6l^2}) \tag{46}$$

Среднее квадратичное расстояние между точками круга по (42) будет:

$$\tau^2 = \frac{\int_0^D r^2(1-\frac{r}{D})dr}{\int_0^D (1-\frac{r}{D})dr} = \frac{1}{6}D^2$$

, т.е $\bar{\tau}_{кв}$ = 0,41 D (46)

Интересно подсчитать еще простое среднее расстояние, а не среднее квадратичное:

$$\bar{r} = \frac{\int_0^D r(1-\frac{r}{D})dr}{\int_0^D (1-\frac{r}{D})dr} = \frac{D}{3} = 0.33D \tag{47}$$

Рассчитаем еще среднее расстояние свыше 1 км, что должно быть ближе к средней дальности поездом. Имеем:

$$\bar{r} > 1км = \frac{\int_1^D r(1-\frac{r}{D})dr}{\int_0^D (1-\frac{r}{D})dr} = \frac{1}{3}\frac{D^3 3D+2}{D^2-2D+1} \tag{48}$$

Средние расстояния могут быть вычислены и непосредственно, минуя статистику расстояний. Удобнее и проще в этом случае вычислить среднее квадратичное расстояние. Для круга будем иметь в полярных координатах квадрат расстояния между двумя точками (r,φ) и (ρ,α);

$$d^2 = r^2+\rho^2-2r\cos(\varphi-\alpha)$$

Находим среднее значение d^2 для заданной точки круга (ρ,α):

$$\bar{d}^2 = \frac{1}{\pi R^2}\int_0^R\int_0^{2\pi}\left[r^2+\rho^2-2r\rho\cos(\varphi-\alpha)\right]r\,dr\,d\varphi = \frac{1}{2}R^2+\rho^2 \tag{49}$$

Осредняя второй раз для всех ρ, найдем:

$$\bar{\bar{d}}^2 = \frac{1}{R}\int_0^R\left(\frac{1}{2}R^2+\rho^2\right)d\rho = \frac{5}{6}R^2 \tag{50}$$

Таким образом, среднее квадратичное расстояние между точками круга будет:

$$\bar{r}_{вз} = \sqrt{\bar{\bar{d}}^2} = 0.91R = 0.45D \tag{51}$$

где D – диаметр круга.

Таким же образом среднее квадратичное расстояние между точками прямоугольника со сторонами l и h будет:

$$\bar{r}_{вз}^2 = \frac{1}{h^2l^2}\int_0^l\int_0^h\int_0^l\int_0^h\left[(x-\alpha)^2+(y-\beta)^2\right]dx\,dy\,d\alpha\,d\beta \tag{52}$$

что, после выполнения интегрирования и извлечения корня, дает:

$$r_{кв} = 0.41\sqrt{h^2+l^2} = 0.41D \tag{52}$$

здесь D – диагональ прямоугольника.

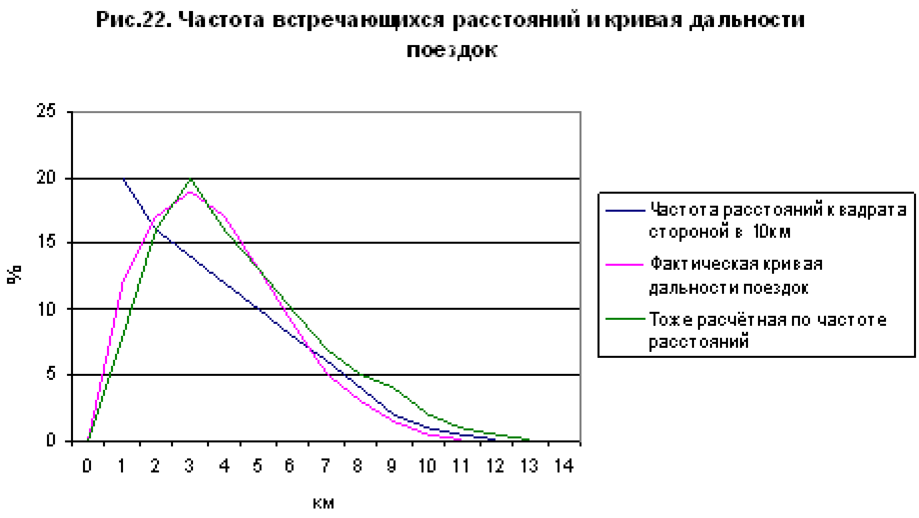
Частота, с которой встречаются расстояния от r_1 до r_2 в круге диаметра D равна:

$$p = \frac{2D-(r_1+r_2)}{D^2}(r_2-r_1)100\% \tag{43}$$

Особенно просто находятся частоты расстояний в интервале 1 км: частота расстояний от 0 до 1 км равна $\frac{100}{D}(2-\frac{1}{D})\%$; на каждый последующий интервал в 1 км она падает на $\frac{200}{D^2}$ %. Частоты расстояний в круге образуют, следовательно, арифметическую убывающую прогрессию. Вот какова, например, эта прогрессия для города диаметром в 10 км:

расстояния, км:	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
частоты их в %%:	19	17	15	13	11	9	7	5	3	1

Большие расстояния в круге встречаются, следовательно, значительно реже, нежели малые. Характерный закон падения частот расстояний в круге представлен на рис. 22 (кривая 1).



Среднее встречающееся в круге расстояние:

$$\bar{r} = 0.33D \qquad (47)$$

Среднее квадратичное расстояние в круге:

$$\bar{r}_{кв} = 0,45\ D \qquad (46)$$

Частота расстояний от r_1 до r_2 в квадрате со стороной l будет:

$$p = \frac{3(r_2 - r_1)}{\sqrt{2}l}\left(1 - \frac{r_1 + r_2}{l} + \frac{r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2}{6l^2}\right) \qquad (46)$$

Для города со стороной квадрата l=10 км через 1 км. получаем такую статистику расстояний:

Интервал расстояний, км:	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13
Частота в %%:	19,8	16,7	14	12	9,8	7,9	6,2	4,7	3,2	2,1	1,3	0,6	0,2

Статистика эта, как видим, очень близка к той. Что мы получили для круга диаметра в 10 км.

22. Коэффициент влияния дальности

Если бы расселение было только диффузным, то частота селящихся в тех или иных интервалах расстояний совпала бы с частотой расстояний в городе. В действительности это не так: статистика расселения предпочитает короткие расстояния в большей мере, нежели это делает статистика геометрических расстояний. Это в полной мере и представляет черт. 23, где рядом с кривой расселения нанесена кривая статистики расстояний. Кривая расселения взята для скорости сообщения в 12 км/час при предельной деятельности поездки в 1 час.

Рис.23. Сравнение частоты встречающихся расстояний в интервале 1км в городе со стороной в 10км с кривой расселенияв те же пределах расстояний

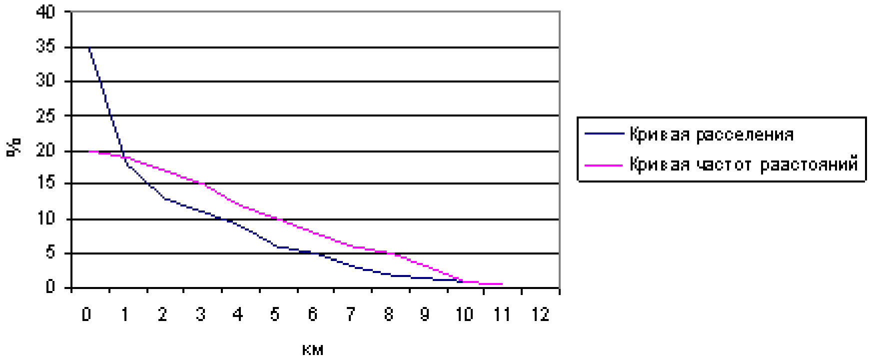


Рис. 22 представляет нормальное соотношение расселения со статистикой расстояний. Среднее расстояние при диаметре города D равном предельной дальности поселения R_α по

$$\bar{r} = \frac{1}{3} R_\alpha \tag{47}$$

Средняя дальность поселения по 12^{IV} будет:

$$\bar{r}^1 = \frac{1}{4} R_2 \tag{48}$$

в чем легко убедиться непосредственным подсчетом.

Действительно, вероятность поселения на расстоянии r по ($14^{МУ}$) будет:

$$d_x = \frac{1}{R_2} l_x \frac{R_2}{r} dr \tag{49}$$

Поэтому средняя дальность поселения

$$\bar{r}^1 = \frac{1}{R} \int_0^{R^2} r \ln \frac{R_2}{r} dr = \frac{1}{4} R_2$$

так как

$$\frac{1}{R} \int_0^{R^2} r \ln \frac{R_2}{r} dr = 1$$

Отсюда возникает понятие «коэффициента воздействия дальности» δ, который мы определим как отношение средней дальности расселения к среднему расстоянию в городе. Нормальное значение этого коэффициента по (47 и 48):

$$\delta = \frac{\frac{1}{4}R_2}{\frac{1}{3}R_2} = \frac{3}{4} = 0.75 \quad (50)$$

Чем меньше значение этого коэффициента в реальных условиях планирования, тем планировка удобнее.

23. Коэффициент компактности города

Так как среднее расстояние в круговом городе составляет 1/3 его диаметра, то для города площадью F км^2 минимально возможное среднее расстояние будет 0,37 $\sqrt{F}$ км. Поэтому, если фактическое среднее расстояние в городе площади F км^2 составляет d км, то коэффициент компактности плана города можно определить так:

$$\Omega = \frac{d}{0.37\sqrt{F}} \quad (51)$$

Практически могут возникнуть затруднения с определением среднбего расстояния α, так как брать большое число близко расположенных точек обременительно. Если условиться поэтому, что берутся расстояния лишь большие 1 км, то формула (51) должна быть изменена. По (48) – среднее расстояние в круге свыше 1 км составляет приближенно:

$$\bar{r}_{>1} \cong \frac{1}{3}\frac{D^2-3}{D-2} \quad (52)$$

В круге диаметром в 10 км оно составит 4 км, в круге диаметром в 20 км соответственно – 7,5 км.

Поэтому вместо (51) удобнее пользоваться такою формулой.

$$\Omega = 10.6\alpha_{>1}\frac{\sqrt{F}-1.8}{4F-9.4} \quad (53)$$

Здесь F - площадь города в км^2 и $\alpha_{>1}$ - среднее расстояние в городе свыше 1 км.

Так как площадь селитебных районов Москвы в тех границах, в которых строилась кривая распределения расстояний (рис. 21), составляет 106 км^2, среднее же расстояние свыше 1 км, определенное по тому же чертежу, составляет 6,56 км, то для Москвы – на первый взгляд такого компактного города – коэффициент компактности Ω=1,45. Для Уфы, где по черт. 20 среднее расстояние свыше 1 км составляет 9,1 км, а площадь 30,85 км^2, коэффициент компактности равен 3,2, что надлежит признать совершенно неудовлетворительным. Коэффициент компактности всегда больше 1; чем ближе он к 1, тем экономнее планировка.

24. Распределение передвижений по дальности местожительства

В основе всей концепции, которую мы развиваем, лежит идея. Что жители города сообразуют свои передвижения с расстояниями в такой мере, что это сказывается на статистической картине распределения, с одной стороны, расселения относительно мест постоянного тяготения, т.е. главным образом – мест труда, с другой – передвижения по многочисленным бытовым и культурным поводам. Таким образом, мы полагаем, что в основе и трудовых передвижений, и культурно-бытовых передвижений, лежит качественно одно и то же правило. Однако, количественно они могут быть разными. И это совершенно естественно: очевидно все интересы, которые пробуждают население к передвижению, могут быть как-то разделены по своей силе и принудительности – одни являются, безусловно, обязательными, независимо от расстояний, другие будут ограничиваться расстоянием в большей или меньшей мере.

Представляло бы значительный планировочный интерес изучить на опыте навыки населения в этом отношении. Это способствовало бы установлению рационального, а не произвольно назначаемого, радиуса действия, а отсюда и оптимального размера разного рода общественных устройств, не говоря уже о том, что такие данные были весьма полезными при проектировках транспорта. Почин в этом отношении положен инж. Кругляковым Ю.Г., изучавшим распределение посетителей кино, бань, садов, катков и парков в Ленинграде. Некоторые из его данных мы приводим на черт. 24, 25 и 26. Интересно, что – как и следовало ожидать – предельная дальность посещения бытовых и культурных учреждений статистически меньшая, нежели предельная дальность трудовых передвижений. Опираясь на данные опроса Круглякова, мы приходим к заключению, что например, предельная дальность посещения кино – ½ часа, бань – 20 мин., а районных садов Ленинграда только 10 минут.

Все эти посещения лежат в зоне пешеходной доступности. Чрезвычайно интересно отметить, что наше предположение об общности логарифмического правила распределения посетителей по дальности их местожительства оправдываются опросом Круглякова. На тех же графиках (рис. 24-26) нанесены и расчетные данные, полученные по логарифмическому правилу:

$$d_x = \frac{100}{R_2} * \ln \frac{R_r}{r} dr\% \qquad (54)$$

Рис.24. Распределение посетителей кино Ленинграда по дальности местожительства

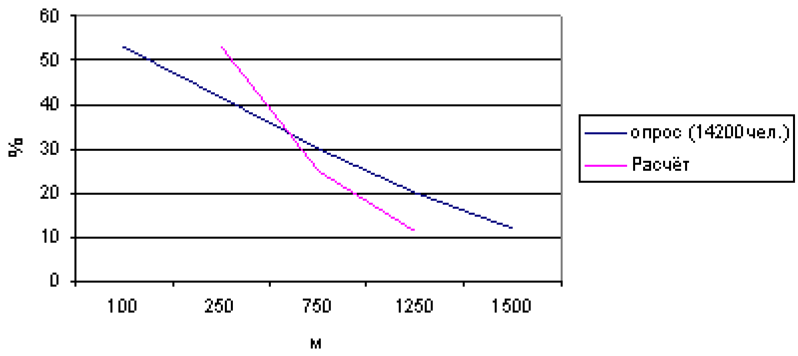


Рис.25.Распределение посетителей бань Ленинграда по дальности местожительства

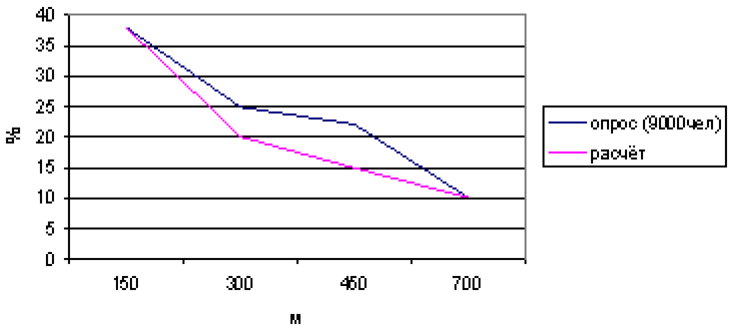


Рис.26а.Распределение посетителей Таврического Сада в Ленинграде по дальности местожительства (22авг1946г., солнечный день, 3803 посетителя)

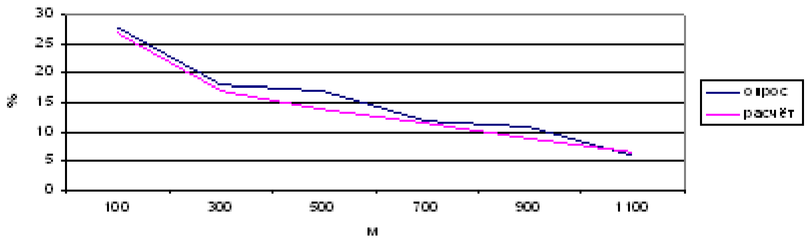
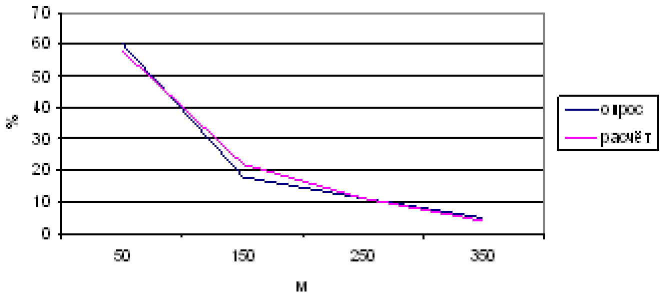


Рис.26.Распределение посетителей районных садов Ленинграда по дальности местожительства



Они достаточно близки к опросным данным. Так как транспорт интересуют поездки всех назначений, а не только трудовых, то возникает вопрос, какому же правилу следует суммарно распределение посетителей всех категорий по дальности их местожительства? Ближайшее рассмотрение соответственной математической задачи приводит к заключению, что и в этом комплексном случае распределение посетителей выражается логарифмическим правилом (54), но суммарная предельная дальность оказывается зависящей от всех предельных дальностей посетителей различных мест тяготения. В этом нетрудно убедиться. Рассмотрим случай других потоков посетителей с предельной дальностью R_1 и R_2, и пусть соотношение общей численности этих посетителей выражается долями единицы а и b. Тогда суммарное распределение будет следующим:

$$d_n = \left(\frac{a}{R_1} * \ln \frac{R_1}{r} + \frac{b}{R_2} * \ln \frac{R_2}{r}\right) dr, \tag{55}$$

что легко позволяет произвести следующие преобразования

$$d_x = [\ln(\frac{R_1}{r})^{a/R_1} + \ln(\frac{R_2}{r})^{b/R_2}]dr = \ln\frac{R_1^{a/R_1} * R_2^{b/R_2}}{r^{a/R_1 - b/R_2}}dr = \ln[\frac{(R_1^{a/R_1} * R_2^{b/R_2}) * \frac{1}{a/R_1 + b/R_2}}{r}]^{\frac{a}{R_1}+\frac{b}{R_2}}dr =$$

$$= (\frac{a}{R_1} + \frac{b}{R_2}) * \ln[\frac{(R_1^{a/R_1} * R_2^{b/R_2}) * \frac{1}{a/R_1 + b/R_2}}{1}]dr = \frac{C}{R} * \ln\frac{R}{r}dr$$

,

где $R = (R_1^{a/R_1} * R_2^{b/R_2}) * \frac{1}{\frac{a}{R_1} + \frac{b}{R_2}}$, $C = (\frac{a}{R_1} + \frac{b}{R_2}) * (R_1^{a/R_1} * R_2^{b/R_2})^{\frac{1}{\frac{a}{R_1}+\frac{b}{R_2}}}$. (56)

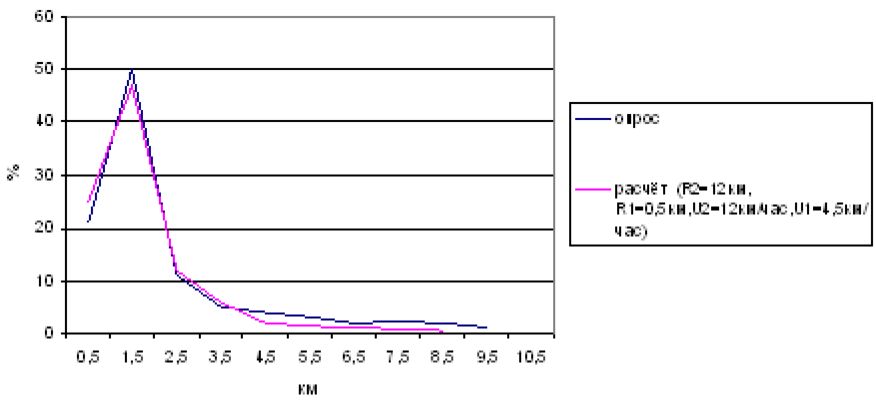
Например, полагая на трудовые передвижения 60% (с предельной дальностью $R_1 = 12$ км и на культурно- бытовые- 40% (с предельной дальностью $R_1 = 6$ км), получим для зоны совместного потока такое распределение:

$$d_x = \frac{0,9}{7,66}\ln\frac{7,66}{7}dr$$

.

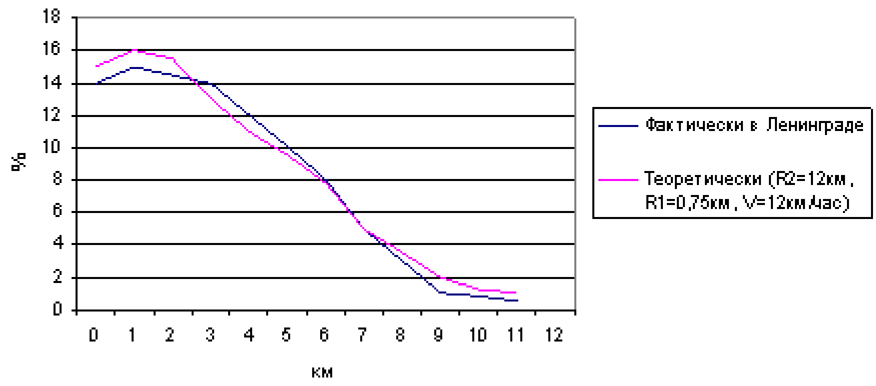
Мы не имеем в настоящее время данных для установления всех составляющих суммарной логарифмической кривой распределения посетителей городских мест тяготения по дальности их местожительства. Можно надеяться, что в дальнейшем мы будем располагать такими данными. Во всяком случае, в настоящее время мы вынуждены характеризовать движение в городе некоторой средней предельной дальностью перемещения, которая приводит к наиболее близкому представлению реального распределения перемещений в той области расстояний, где движение еще значительно. Наши расчеты, поэтому лишь приближенны. Но это вполне допустимо при той значительной флуктуации распределения, которую мы выше рассматривали. Так, как мы видели, в современных условиях расселение и распределение пассажиров по дальности поездки в Москве и Ленинграде практически вполне удовлетворительно представляются предельной дальностью поездки в 1 час, что отвечает приблизительно расстоянию в 12 км.

Рис.26в.Распределение посетителей котка в Таврическом саду Ленинграда по дальности местожительства. Зима 1940г., 981 посетитель



Один из примеров такого соответствия представлен на рис. 27.

Рис.27.Распределение передвижений в Ленинграде по дальности пути



25. Распределение пассажиров по дальности поездки

Зная правило распределения передвижений по дальности, о чем мы только что говорили, можно получить и кривую распределения пассажиров по дальности поездки. Для этого, очевидно, достаточно учесть вероятность пользования транспортом на близких расстояниях. Выше мы рассматривали этот вопрос. В целях вычислительных удобств, мы заменим данную выше логарифмическую форму вероятности пользования транспортом на близких расстояниях следующей эмпирической формулой:

$$\varphi = 1 - \frac{\alpha}{r} \qquad (57),$$

где r- расстояние в км, а α - параметр. Мы будем в дальнейшем принимать его равным 0,5. это соответствует такому ходу вероятности пользования транспортом:

км	0,5	1	2	3	4	5	6
вероятность	0	0,5	0,75	0,83	0,88	0,9	0,92

Теперь легко составить уравнение кривой распределения пассажиров по дальности поездки в дифференциальной форме:

$$d_n = a(1 - \frac{1}{2r}) \ln \frac{R}{r} dr \qquad (58)$$

где $$a = \frac{100}{R - 1{,}32 \lg^2 R - 2{,}3 \lg R - 1} \qquad (59)$$

То же уравнение в интегральной конечной форме, пригодной для непосредственных вычислений, имеет следующий вид:

$$n_{(r_1)}^{(r_2)} = a /_{r_1}^{r_2} r(1 + 2{,}3 \lg \frac{R}{r}) - 2{,}64 \lg r (\frac{1}{2} \lg r + \lg \frac{R}{r})\% \quad , \qquad (60)$$

где $/_{r_1}^{r_2}$ - знак подстановки, т.е. разности значений стоящей справа функции расстояния r при верхнем пределе r_2 и нижнем пределе r_1. Вот вывод этих формул. Относительное число поездок в интервале расстояний dr по /54 и 57/ будет

$$d_n = (1-\frac{\alpha}{r})\frac{1}{R}\lg\frac{R}{r}dr \qquad (а)$$

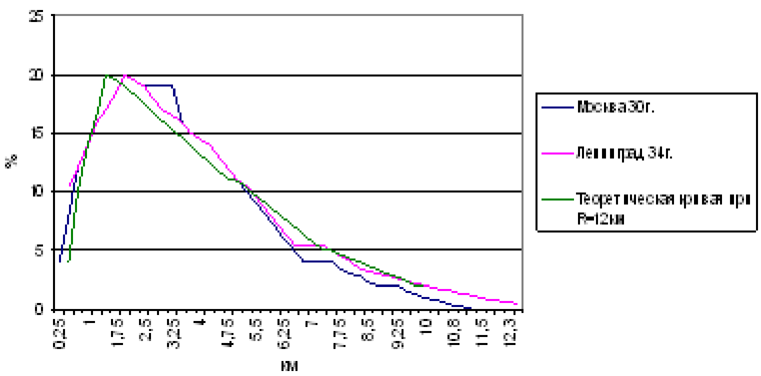
Найдем число всех поездок в интервале расстояний от 1 км до R.

Находим $n = \frac{1}{R}\int_1^R (1-\frac{\alpha}{r})\ln\frac{R}{r}dr = 1-\frac{1}{R}(2{,}65\lg^2 R + 2{,}3\lg R + 1)$, что при α=0,5 дает

$$n = 1-\frac{1}{R}(1{,}32\lg^2 R + 2{,}3\lg R + 1). \qquad (б)$$

Деля (а) на (б) и умножая на 100, получаем (58 и 59), данные в тексте. Интегрируя (58) найдем интегральную формулу (60) той же кривой, данную в тексте.

Рис.28.Распределение пассажиров по дальности поездки



На рис. 28 показано, насколько близко эта теоретическая кривая распределения пассажиров по дальности поездки ложится к фактическим правилам распределения пассажиров по дальности поездки в Москве и Ленинграде (последние взяты у Зильберталя: Проблемы городского пассажирского транспорта, 1937 г., стр. 27). Нельзя не видеть в этом хорошего подтверждения развиваемой теории.

26. Средняя дальность поездки

Теперь легко получить и весьма важную при расчете городского пассажирского транспорта величину - среднюю дальность поездки:

$$\alpha = \frac{R(R-2)}{4R - 5{,}3\lg^2 R - 9{,}2\lg R - 1} \text{ км} \qquad (61)$$

При r = 12 км, по этой формуле получаем $\bar{r} = 3{,}90$ км, что близко к средней фактической дальности поездки в Москве и Ленинграде – 3,97 км.

Формула эта получается по (58 и 59) так:

$$\alpha_н = 0,01\int_0^R r(1-\frac{1}{2r})\ln\frac{R}{r}dr = 0,1a\frac{R}{r}(\frac{R}{2}-1),$$

что после подстановки из (59) и даст данную в тексте формулу. Интегрирование легко приводится по частям.

Напомним, что в этой формуле R – предельная дальность поездки в км. Но, как мы знаем, предельным является не расстояние, а время. Предельное время поездки мы принимаем в 1 час. Таким образом:

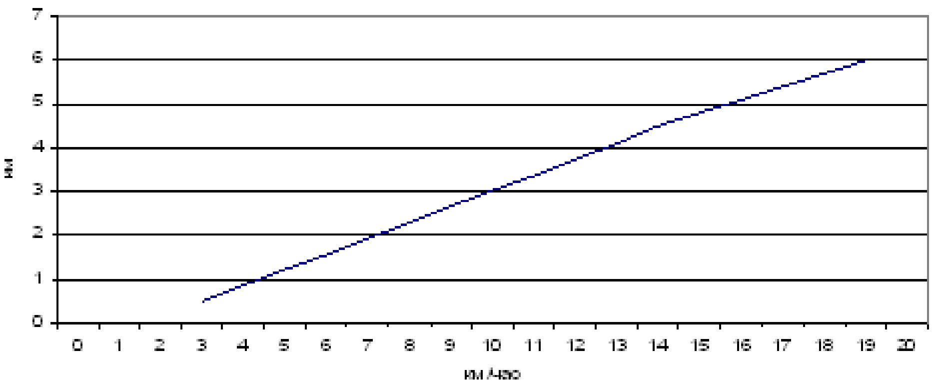
$$R=VT, \qquad (62)$$

где V- скорость сообщения в км/час и T - предельная дальность поездки в часах. При T= 1 часу, формула (61) заменится следующей:

$$\alpha = \frac{V(V-2)}{4V-5,3\lg^2 V-9,2\lg V-1} \qquad (63)$$

Теперь непосредственно видна зависимость средней дальности поездки от принятого в городе транспорта и плотности его сети, что вместе определяет скорость сообщения. Так, при скорости сообщения в 20 км/час, средняя дальность поездки будет 6,2 км. Ход соответствующей кривой представлен на рис. 29.

Рис.29.Средняя дальность поездки в зависимости от предельной дальности поездок или скорости сообщения

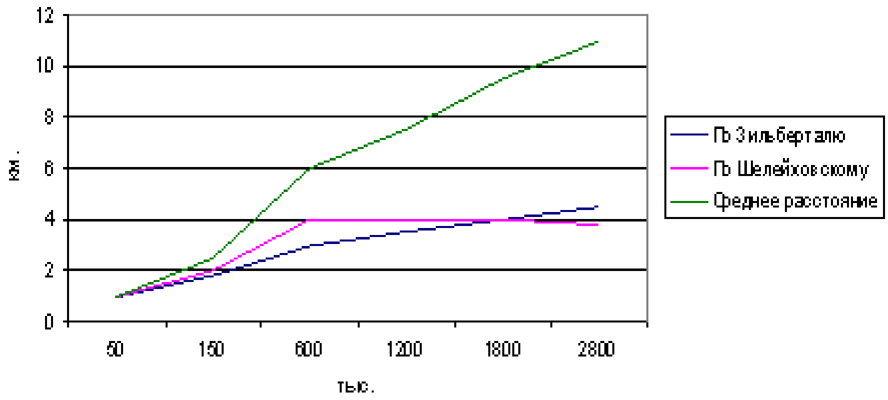


В соотношении формул (63 и 61), выражающих среднюю дальность поездки, надлежит сделать важное замечание. Формула (61), выражающая среднюю дальность поездки через предельную дальность поездки, должна применятся при R<VT, т.е. в относительно небольших городах, в которых максимальное расстояние преодолевается с помощью существующих средств сообщения скорее, нежели предельная продолжительность поездки. В этом смысле небольшие относительно города имеют среднюю дальность поездки, определяемую предельной дальностью поездки. Города большие, для которых R>VT имеют среднюю дальность поездки, определяемую не размерами города, а скоростью сообщения, т.е. формулой (63). Диаметр Москвы, для которой предельная дальность поездки около 12 км, равен приблизительно 19 км (см. рис. 21).

С ростом города, при стабильных по скорости средствах сообщения, средняя дальность поездки, стремятся к некоторому пределу. Это не всегда достаточно принимается и учитывается. Ошибку этого рода делает, в частности, и Зильберталь, давая свою эмпирическую формулу для определения средней дальности поездки в виде: $\alpha_{ж} = 1,2 + 0,17\sqrt{F}$, где F- площадь города[1].

Сравнение формулы Зильберталя с предложенными в этой работе дано на рис. 30, где показано также и среднее расстояние в соответствующих городах. Как видим, дальность поездок весьма отстает от расстояний, встречающихся в городах, по мере их роста.

Рис.30.Средняя длина поездки в зависимости от населения города (плотность населения 70чел/га Брутто)



1 Зильберталь. Проблема городского пассажирского транспорта, 1937, стр. 26.

27. Среднее расстояние пешего пути

Чтобы определить теперь скорость сообщения в городе, от которой зависит и расселение, средняя дальность поездки, необходимо, прежде всего, определить среднее расстояние пешего пути, которое принято в городе. Оно, очевидно, зависит от плотности транспортной сети. Последняя определяется так:

$$l = \frac{\alpha}{F} \text{ км/кв. км,} \qquad (64)$$

где α- общее протяжение транспортной сети в городе, считаемое по оси улиц в км, и F- площадь города в кв.км.

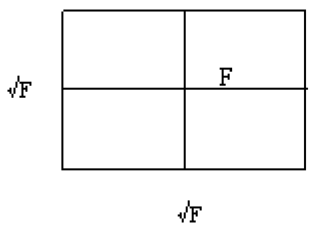


Рис.31

Представим себе минимальный квадрат площади F со сторонами $\sqrt{F}$, опоясанный линиями транспорта. Очевидно, что

$$l = \frac{2\sqrt{F}}{F} = \frac{2}{\sqrt{F}},$$

а среднее расстояние по вертикали до линии транспорта будет

$$S'_{м} = \frac{\sqrt{F}}{4} = \frac{1}{2l} \qquad (65)$$

Итак, $S'_{м} = \dfrac{1}{2l}$ км, а с учетом коэффициента непрямолинейности пути, который обычно принимается в 1,25 , имеем:

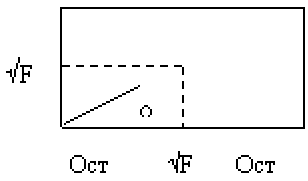


Рис.32

$$S'_{м} = \frac{1{,}25}{2l}.$$

Аналогично можно подсчитать и среднее расстояние до остановки, которое можно предполагать на углах опоясанного транспортом микрорайона. Обозначая это среднее расстояние через $S_{м}$ найдем:

$$S_{м} = \frac{1}{2l} \text{ км.} \qquad (66)$$

Действительно, если координаты произвольной точки а будут x и y, то средний квадрат расстояния будет:

$$\bar{r}^2 = \frac{1}{F}\int_0^{\sqrt{\frac{F}{2}}} dx \int_0^{\sqrt{\frac{F}{2}}} dy(x^2 + y^2) = \frac{1}{24}F.$$

Отсюда

$$\bar{r} = \frac{1}{\sqrt{24}}\sqrt{F} = \frac{2}{\sqrt{24}l} = \frac{0{,}41}{l}.$$

С учетом коэффициента непрямолинейности путей сообщения, имеем окончательно

$$S_{м} = 1{,}25 * \bar{r} = \frac{1{,}25 * 0{,}41}{l} = \frac{0{,}5}{l},$$

что и дано в тексте.

Обычная плотность транспортной сети $l = 2$ км/кв.км. Отсюда $S_ж = \frac{1}{4}$ км, - расстояние на определение которого пешком нужно несколько больше 3-х минут. Даже максимальное расстояние составляет, как легко видеть:

$$S_{max} = \frac{1{,}8}{l} \text{ км,} \qquad (67)$$

что при $l = 2$ км/кв.км, составит 0,9 км, на что требуется 12 минут пешего передвижения. Таким образом, плотность транспортной сети порядка 2 км/кв.км территории города является вполне достаточной и должна быть признана нормальной.

28. Скорость сообщения

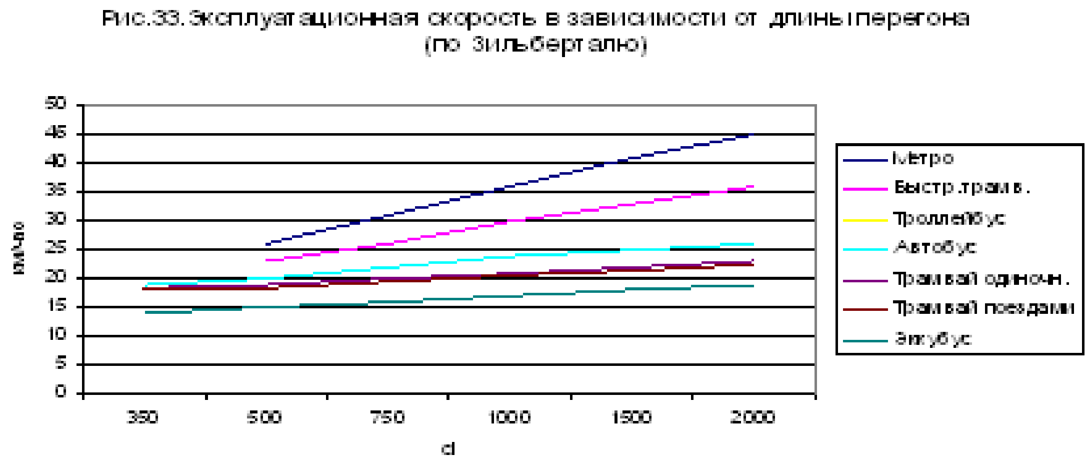
Как только что показано, среднее расстояние до остановки городского транспорта $S_ж = \frac{1}{2l}$; столько в среднем нужно пройти от остановки до места назначения. Итого пешком следует пройти $\frac{1}{l}$ км, где l – плотность транспортной сети. Поэтому, если вся поездка имеет длину α и V- эксплуатационная скорость транспорта, то время затраченное на дорогу, составит:

$$T = \frac{1}{4{,}5l} + \frac{\alpha - \frac{1}{l}}{V} = \frac{V + 4{,}5l\alpha - 4{,}5}{4{,}5lV} \text{ час,}$$

а скорость сообщения, при этих условиях, будет:

$$V = \frac{4{,}5l\alpha V}{V - 4{,}5 + 4{,}5l\alpha} \text{ км/час.} \qquad (68)$$

Считая на перспективу эксплуатационную скорость трамвая в 20 км/час и полагая $l = 2$ км/кв.км, км, найдем по этой формуле среднюю скорость сообщения в 14 км/час. Эта скорость и должна определять как расселение, так и распределение пассажиров по дальности поездки. Результаты чрезвычайно тщательного анализа эксплуатационных скоростей различных видов городского транспорта, предпринятого Зильберталем (см. его «Проблемы городского транспорта», 1937 г., стр. 116), приведены на рис.33. Эксплуатационные скорости, естественно, зависят от длины перегона.



Как показывает формула (68), скорость сообщения зависят от длины поездки. В нижеследующей таблице это и показано для плотности трамвая $l = 2$ км/кв.км, при V=20 км/час:

α км	0,5	1	2	3	4	5	7	10	15	20
V км/час	4,5	7,3	10,7	12,7	13,9	14,3	16,0	17,0	17,9	18,4
T мин.	6,7	8,3	11,2	14,1	17,2	20,2	26,3	35,3	50,1	65,0

Из рассмотрения этих данных тотчас следует, в частности, что пользование транспортом плотности $l = 2$ км/кв.км на расстояния в ½ км не имеет смысла и ,очевидно, не имеет места, как массовое явление.

В городах старой планировки с мелкими кварталами транспортная сеть – трамвай, автобус, троллейбус может иметь плотность, доходящую до 4 км/кв.км. В этом случае мы получаем такие скорости сообщения:

α км	0,5	1	2	3	4	5	7	10	15	20
V км/час	7,3	10,8	14,0	15,5	16,4	17,2	17,9	18,4	19,0	19,2
T мин.	4,1	5,5	8,5	11,6	14,6	17,5	23,5	32,5	47,2	62,0

Сравнение этой таблицы с предыдущей показывает, что удвоение плотности сети транспорта дает совершенно незначительное ускорение сообщения даже на малых расстояниях, тем более - на больших. Поэтому такое увеличение плотности сети нерационально.

Покажем теперь, как сказывается на скорости сообщения сокращение сети. Рассмотрим, именно, случай, когда обычный городской транспорт проложен с плотностью $l = 1$ км/кв.км, при V=20 км/час:

α км	0,5	1	2	3	4	5	7	10	15	20
V км/час	4,6	4,5	7,3	9,3	10,8	11,8	13,4	14,8	16,2	17,2
T мин.	6,7	13,4	16,5	19,3	22,2	25,5	31,3	40,0	55,0	70,0

Как видим, сокращение сети видимо, с 2 км/кв.км до 1 км/кв.км в общем удлиняет время сообщения на 5 минут. Такая плотность транспортной сети является еще приемлемой.

Влияние эксплуатационной скорости транспорта на скорость сообщения мы проследим на примере внеуличного транспорта – метро подземное, надземное или наземное. При остановках через 1000 метров мы примем для него, согласно Зильберталю, скорость 36,5 км/час. Плотность сети принимаем максимальную $l = 1$ км/кв.км (Нью-Йорк, в Париже в центре она доходит до 1,6 км/кв.км). При пеших подходах к быстроходному транспорту находим:

α км	1	2	3	4	5	7	10	15	20
V км/час	4,5	8,0	10,8	13,0	15,0	18,0	21,3	24,5	26,5
T мин.	13,0	15,0	16,7	18,4	20,0	23,3	28,0	36,7	45,0

Как видим, при пеших подходах к быстроходному транспорту, разница в скоростях сообщения на близких и средних расстояниях настолько ничтожна, что она никак не может окупить весьма высоких затрат на организацию быстроходного транспорта. При одинаковой с трамваем плотности заложения, преимущества метро начинают, в этом случае, сказываться лишь при передвижениях на расстояния свыше 5 км. Тоже нужно сказать и при сравнении метро с трамваем, плотность сети которого в 2 раза больше плотности метро. Быстроходный транспорт, даже густо заложенный, без белее плотно приложенного нормального городского транспорта, осуществляющего подходы к быстроходному транспорту, - практически бесполезен до расстояний порядка 5 км. Это правило надлежит твердо знать при всех проектировках быстроходного транспорта.

Скорость сообщения при комбинированном – быстроходном и нормальном - транспорте определяется так. Пусть скорость сообщения нормального городского транспорта V, его плотность l_1, и эксплуатационная скорость V_1. Если для быстроходного транспорта соответствующие величины $V', l_2 u V_3$, то будем иметь (так как подход к более быстрому транспорту составляет $\alpha = \frac{1}{2l_2}$), по (68):

$$V = \frac{4{,}5 l_1 V_1}{2V_1 l_2 - 9l_2 + 4{,}5l_1}. \tag{69}$$

Время в пути

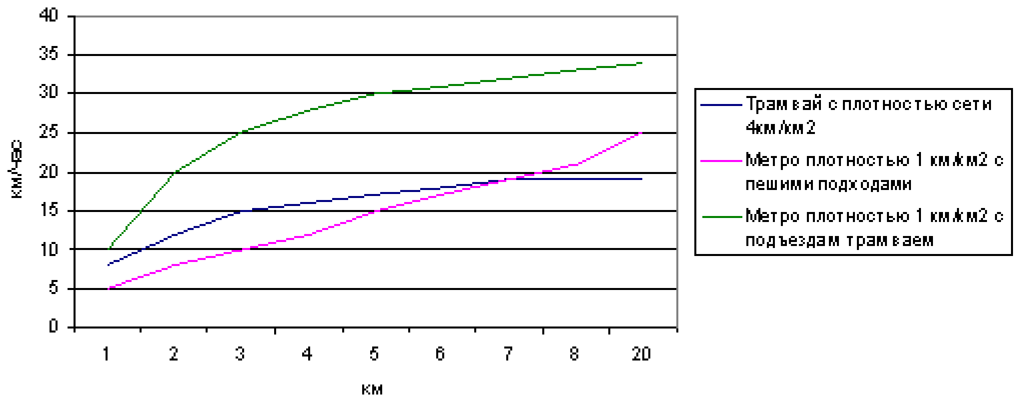
$$T = \frac{1}{l_2 V} + \frac{\alpha - \frac{1}{l_2}}{V_2} = \frac{V_2 - V + V l_2 \alpha}{V_2 V l_2}.$$

И искомая скорость сообщения на комбинированном транспорте:

$$V = \frac{V l_2 \alpha V}{V_2 - V + V l_2 \alpha}. \tag{70}$$

Все преимущества такой комбинации разноскоростных видов транспорта хорошо видны на рис.34. Метро становится резко выгодным против нормальных видов городского транспорта, начиная уже с коротких расстояний свыше 1 км.

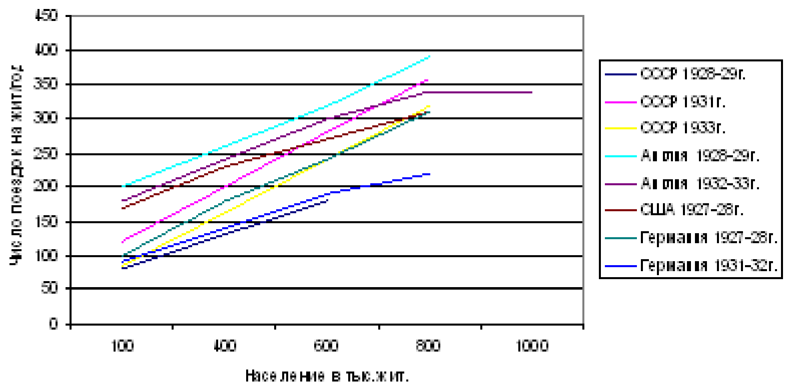
Рис.34. Скорость сообщения (с учётом подходов) разных средств городской связи



29. Число поездок

Априорный расчет числа поездок на жителя в гол, предпринимавшийся многократно, совершенно условен и никакой ценности не представляет. Поэтому статистика – единственный правильный метод в этом случае. К сожалению, и она, как показывает прилагаемый график рис. 35, дает достаточно разнокалиберный материал.

Рис.35. Число поездок средствами массового транспорта на 1 жителя в год (по Зильберталю)



Как бы то ни было, не подлежащее сомнению обстоятельство заключается в том, что число поездок на одного жителя в год возрастает с ростом города и по-видимому, стремится к некоторому пределу. Относительно причин этого возрастания часто применяются непродуманные объяснения. Говорят о «патриархальности» жизни малого города и богатстве культурных центров притяжения в больших городах. Если же учесть, что увеличение поездок в большом городе составляет в год, примерно 200 поездок, то станет ясным, что подобного рода объяснения не в состоянии объяснить столь большого роста числа поездок. С нашей точки зрения, в больших городах потому больше ездят, что все расстояния больше, следовательно коммуникации соответственно труднее. Мы увидим сейчас, что это вполне качественно и количественно объясняет фактически наблюдаемый рост поездок с возрастанием городов. Действительно, трудность сообщений в городе со средней дальностью поездки $\alpha_ж$ по (31) выражается так, если V – скорость сообщения:

$$T = 10\lg\frac{10\alpha_ж}{V}\ \text{децибел.} \qquad (71)$$

Поэтому отношение числа поездок в двух разных городах

$$V=\frac{n_1}{n_2}=\frac{\lg(\frac{10\alpha_ж r}{V})}{\lg(\frac{10\alpha_ж r}{V})}\quad . \qquad (72)$$

Так как в малых городах с населением порядка 100 тыс. человек, средняя дальность поездки (см. рис.30) порядка 2 км, в больших же городах она порядка 4 км, скорость же сообщения в обоих случаях порядка 12 км/час, то по (72):

$$V=\frac{\lg\frac{40}{12}}{\lg\frac{20}{12}}=2{,}3\quad ,$$

т.е. примерно то, что наблюдается в действительности.

Теперь мы можем дать эмпирическую формулу числа поездок на жителя в год. Так как крупные города изучены гораздо лучше мелких, то за исходное мы примем число поездок, среднюю дальность поездки и скорость сообщения в крупных городах типа Ленинграда, для которого принимаем n=550 жит/год, α= 4 км, V= 12 км/час. Тогда по (72) найдем число поездок на жителя в год в любом другом вполне оборудованном транспортом городе:

$$n=1050\lg\frac{10\alpha_ж}{V}\quad . \qquad (73)$$

Так как и среднюю дальность поездки и скорость сообщения мы умеем определять по параметрам города, то формула эта вполне оперативна. При $\alpha_ж=2$ км и V= 12 км/час она даст n=230 поездок на жителя в год.

В большом городе, следуя выражению для средней дальности поездки (63), получим по (73):

$$n=1050\lg\frac{10(V-2)}{4V-5{,}3\lg^2V-9{,}2\lg V-1} \qquad (74)$$

Зависимость числа поездок от скорости сообщения в большом городе чисто формальна. Рис. 29 показывает, что в действительности средняя дальность поездки почти пропорциональна скорости сообщения, поэтому по (73) число поездок в большом городе практически не зависит от скорости сообщения.

Для очень малых городов формула (73) непригодна. По ней мы получим, что город с максимальным расстоянием R=4 км, имеющий среднюю дальность поездки $\alpha_ж=1$ км и скорость сообщения V= 10 км/час, вообще не нуждается в транспорте (n в этом случае оказывается равным 0).

Нам остается произвести разделение общего числа поездок на жителя в год – на трудовые и культурно-бытовые поездки. Сделать это легко, так как определение числа трудовых поездок не представляет затруднений. Действительно, число трудовых передвижений на 1 активного равно удвоенному числу трудовых дней в году, т.е. 280*2=560 передвижений, что в переводе на 1 жителя (коэффициент неактивности 1,75) составит 320 передвижений. Но выше установлено, что на транспорт ложится примерно 30% всех трудовых передвижений, что составляет 95 трудовых поездок на жителя в год. Мы примем, за округлением, 100 трудовых поездок на жителя в год. Это число трудовых поездок является максимальным и свойственно большому городу, когда общее число поездок равно 550. Трудовые поездки составляют, следовательно, около 18% всех поездок.

30. Работа транспорта

Работа транспорта оценивается произведением числа поездок в городе на их среднюю длину, т.е. числом пассажирокилометров. Но особенно интересным показателем работы транспорта является его удельная работа, т.е. число пассажирокилометров, приходящееся на 1 жителя города:

$$\rho = n\alpha_{ж} \quad . \qquad (75)$$

Так как при переходе от малого к большому городу, число поездок на жителя в год вырастает приблизительно в 2 раза и во столько же возрастает средняя длина поездки, то удельная работа транспорта большого города более таковой же в малом городе приблизительно в 4 раза. Вот как происходит этот рост:

Население, тыс. чел	Средняя длина поездки, $\alpha_{ж}$	Число поездок на жителя в год, n	Работа транспорта на жит/год, $\alpha_{ж}$ *n	%
50	2,00	200	400	100
100	2,30	240	550	137
200	2,90	310	900	225
400	3,65	375	1330	343
800	4,00	400	1600	400
1500	4,00	400	1600	400
3000	4,00	400	1600	400

Разумеется, это только одна из причин транспортных неудобств большого города и расчеты этого рода сами по себе не могут служить аргументацией против больших городов.

31. Соотношение массовых и индивидуальных видов транспорта

Вопрос о проектном соотношении массовых и индивидуальных транспортных средств является важнейшим планировочным вопросом. Чтобы это понять – достаточно напомнить, что пропускная способность одной полосы движения – 500 машин и, следовательно, около 750 пассажиров в час для автомобильного движения и более 10000 пассажиров в час для трамвая. Таким образом, если представлять себе центр тяготения, например, крупное предприятие, с максимальной сменой в 10000 человек и раздвижкой начала работ в 1 час, то доставку рабочих к такому предприятию на трамвае возможно осуществить по одной магистрали, а на автомобилях – не менее, как по 6-ти магистралям при 2-х полосах движения в одном направлении на каждой из них. Нетрудно представить себе, как усложняется задача, когда транспорту приходится справляться с переброской к одному центру за короткий срок еще более значительных масс пассажиров (например, к Московскому парку культуры в ночь карнавала 100 тыс. пассажиров). В этих случаях, при большом удельном весе автомобильного движения, задача планировочно кажется даже, на первый взгляд, неразрешимой.

Исходя из этих очевидных соображений, при установлении планировочных следствий из объема проектного движения в городе – основным является установление доли движения, которую принимает на себя автомобильный транспорт. В этом отношении планировочная практика весьма еще не устойчива, как правило, недоучитывает этого фактора планировки и чаще всего стоит на неверных позициях преуменьшения его значения. Еще весьма распространены суждения, что мол, не следует допускать «американских» норм автомобилизации, обратившихся против себя и сделавших невозможным передвижение в городе.

К сожалению, авторы таких суждений не указывают путей, с помощью которых процесс автомобилизации городов может быть сдержан. И хотя такие пути, конечно, могут быть указаны, они едва ли отвечают путям прогресса, удобства и комфорта передвижения, его скорости и, наконец, упрямым фактам. Не помогает и ленивое отодвигание решения этого вопроса в неопределенную даль «за пределами проектного срока». Своих рекордных цифр автомобилизации Америка достигла в каких-нибудь 18-20 лет[1]:

- в 1910 году 1 машина приходилась на 265 жителей страны;
- в 1917 – 22 машины;
- в 1919 – 16 машин;
- в 1928 – 6 машин;
- в 1931 – 4,6 машин.

И если автомобилизация вступила в резкий конфликт с планировкой, то бороться надо не с автомобилизацией, а с отсталыми формами транспортно – несостоятельной планировки, полностью еще живущей идеями города 19 столетия.

Поэтому планировка обязана строить свою уличную сеть так, чтобы она была в состоянии легко превратить самое высокое удовлетворение спроса на автомобильный индивидуальный транспорт. В каких формах удовлетворение этого спроса будет достигаться – личного владения автомобилем или с помощью такси – вопрос уже иного рода, касающийся гаражирования, а не движения.

Обратимся, прежде всего, к имеющейся на этот счет статистике (см. Зильберталь, цит. работа).

Соотношение основных видов транспорта в различных государствах

Государство	трамвай	автобус	троллейбус	автомобиль	такси	всего
Англия	64,4	25,5	3,1	6,0	-	100
Германия	87,0	4,4	-	7,0	1,6	100
США	43,8	12,8	0,2	40,4	2,8	100

Соотношение основных видов транспорта в городах США

Население, тыс. чел	трамвай	метро	автобус	троллейбус	такси	автомобиль	всего
Свыше 500	38,5	26,4	6,5	0,3	1,8	26,5	100
100-500	43,8	-	12,8	0,2	2,8	40,0	100
25-100	22,2	-	5,7	-	2,7	69,4	100
до 25	5,6	-	10,4	-	2,6	91,4	100

Соотношение основных видов транспорта в крупнейших заграничных городах в % количестве перевезенных пассажиров, 1933 г.

Город	метро городское	метро ж/д	трамвай	Авто бус	трол-лейбус	водный т-т	такси	автомо-биль	всего
Нью-Йорк	49,5	7,4	20,7	4,6	-	-	2,3	15,5	100
Лондон	10,2	11,8	24,3	47,1	0,6	-	1,1	5,9	100
Париж	36,5	9,9	25,0	15,5	-	-	3,2	9,9	100
Берлин	15,9	29,6	40,6	8,3	-	-	2,2	3,4	100
Вена	12,2	-	82,5	5,5	0,1	-	-	-	100
Гамбург	19,5	32,5	43,3	1,4	-	3,3	-	-	100
Чикаго	18,0	5,0	45,0	6,0	2,0	-	2,0	20,0	100

Из этих данных заключается, что предельное насыщение легковым автомобилем США снимает в среднем лишь 400% всего движения в городах, что тот же процент движения снимается автомобилем в средних по крупности городах США от 100 до 500 тыс. жителей, что этот процент сильно падает в крупнейших городах, вероятно, вследствие затруднений с движением и сильно возрастает – до 90 % всего движения – в мелких американских городах, очевидно, вследствие неразвитости общественных видов транспорта. Одной из причин резкого падения роли автомобиля в крупнейших городах является еще и развитие в этих городах внеуличного транспорта с густой сетью.

Данные о протяженности метро крупнейших городов (по оси пути)

Город	Площадь города, кв. км	Население, млн. чел	Подземное метро, км	Надземное метро, км	Ж/д метро, км	Км/кв.км
Нью-Йорк	840	6,3	173	233	372	0,93
Лондон	3200	9,0	141	41	200	0,12
Париж	78	2,9	123	-	-	1,6
Берлин	80	4,2	81	-	59	1,7

Мы не будем строить никаких гипотез относительно темпов автомобилизации наших городов. Города проектируются и строятся не на 5-10 лет, когда это как-то можно сделать. Они, как все технические сооружения, должны проектироваться на срок амортизации основных сооружений, каковыми в городах являются жилые здания. Следовательно, улицы должны проектироваться на срок порядка 50 лет. А, имея дело с подобными сроками, мы не имеем никаких оснований для каких бы то ни было ограничений автомобиля, как средства передвижения. И проектируя город, мы обязаны проверить его магистрали на пропуск максимально возможного потока автомобильного движения.

Мы предполагаем следующие предельные критерии охвата городского движения автомобилем:

- мелкие города с населением до 25000 чел. – 90 %;
- города с населением до 25-100 тыс. жит. – 70%;
- города с населением свыше 100 тыс. жит. – 40%;
- города с населением свыше 100 тыс. жит. с внеуличным транспортом – 25%.

Числа эти взяты из жизни. Следовательно, они возможны – следовательно, проектировщик города обязан считаться с ними также, как с паводком реки, на которой стоит город. Охват движения автомобильным транспортом, даваемый статистикой американских городов, может быть найден и расчетом.

Определим именно предельный охват движения автомобильным транспортом, следуя норме 1 машина на семью, т.е. приблизительно на 4,5 человека.

Решение этой задачи наталкивается на ряд существенных трудностей, возникающих, впрочем, из одного источника – отсутствие соответствующей статистики. Для решения этой задачи необходимо знание среднего суточного пробега индивидуального автомобиля l, его среднего наполнения k и коэффициента полезного пробега α. Если эти величины известны, то обозначая через a – число жителей, приходящихся на 1 индивидуальную машину, $\alpha_ж$ - среднюю дальность городской поездки и через n – суточное число поездок всеми видами транспорта на 1 жителя, легко определим выраженное в % от всего объема движения число перевезенных индивидуальным автотранспортом пассажиров A (p):

$$A(p) = \frac{l\alpha k}{an\alpha_ж} * 100\% \qquad (76)$$

Для определения суточного пробега индивидуального автомобиля можно воспользоваться американской статистикой расхода бензина[1]. Согласно этой статистике, при 193 машинах на 1000 жителей, годовой расход бензина на то же количество жителей – 288 тонн. Как известно, в США одна грузовая машина приходится на 8 машин как грузовых, так и легковых. Средняя мощность грузового автомобиля может быть принята в 25 л.с., его месячный пробег (согласно данных работы Московского грузового транспорта) - 2000 км при скорости порядка 20 км/час. Расход горючего 0,25 кг на силу-час.

Расход горючего на легковые машины принимаем 0,2 литра на км. Его удельный вес – 0,72. При таких условиях определяем следующим образом годовой пробег индивидуального автомобиля:

$$\frac{228000 - \frac{193}{8} * 25 * \frac{2000}{20} * 12 * 0{,}25}{(193 - \frac{193}{8}) * 0{,}72 * 0{,}2} = 4420 км \approx 4500 км$$

При 500 поездках на жителя в год – в день n= 1,37 поездок.

Что касается наполнения индивидуального авто, то нет оснований считать его значительно отличающимся от наполнения такси. Последнее же близко к 1,5 (Нью-Йорк – 1,75; Лос-Анджелес – 1,64; Берлин – 1,5; Бостон – 1,47; Москва – 2,0).

Теперь предельную работу автотранспорта находим, полагая в вышеприведенной формуле (76):

$$l = \frac{4500}{365} = 12{,}3 км/сутки;$$

α= 0,95; k= 1,5; a=4,5 чел/маш. При скорости сообщения 25 км/час по (63) находим $\alpha_ж = 7{,}5 км; n = 1{,}37.$

Тогда по (76):

$$A(p) макс. = 38\%,$$

т.е. близко к 40%, даваемых в среднем американской статистикой.

Этих простейших суждений достаточно, чтобы судить о пропускной способности улиц. При решении же вопросов гаражного хозяйства, имеющего весьма большое планировочное значение, необходимо уметь еще определить соотношение автомобилей личного пользования и такси.

Обозначим через τ число жителей, на которое по устанавливаемой проектной норме приходится одно такси. Если через α обозначим средний суточный пробег такси – (для Москвы до войны около 165 км/сутки, а рекомендуемое 180-200 км/сутки), φ - коэффициент полезного пробега (он в Москве около 0,8); через к – среднее наполнение такси (1,5- 2 чел.) и, наконец, через n – общее число поездок на жителя в сутки, то охват движения города с помощью такси в % общего числа перевезенных пассажиров будет, аналогично индивидуальному транспорту.

$$T_{(r)} = \frac{l*\phi*r}{\tau*\alpha*n}*100\%, \qquad (77)$$

полагая $l = 200 км/сутки; \alpha = 0,8; к = 1,5 чел.$

τ=1000 чел. на 1 такси; $\alpha_т = 7,5 км; n = 1,37$ поездок на жителя в сутки, что соответствует 500 поездкам в год, найдем

$$T(p) = 2,3\%.$$

Теперь можно решить и такую важную задачу, как определение числа такси, по своей работе эквивалентное наивысшей норме насыщения индивидуальным транспортом. По формуле (77), полагая $T(p) = 40\%$, находим:

$$\tau = \frac{200*0,8*1,5}{40*7,5*1,37}*100 = 57 жител/маш.$$

Формулы (76 и 77) полностью решают задачу. Все величины, входящие в эти формулы, известны для каждого конкретного случая планировки.

32. Построение графиков движения

Операции расселения, рассмотренные выше, позволили установить плотности заселения и вести поправки во внешние контуры селитебных площадок, а также взаимного расположения селитебных пятен и площадок трудового тяготения. Уже эти следствия, вытекающие из операции расселения, имеют первостепенный планировочный интерес.

Однако, связь операции расселения с планировочной задачей оказывается еще более глубокой; расселение в связи с планировкой определяет собою движение, а последнее – построение системы уличных магистралей, а также выбор и систему городского транспорта.

Теоретическое определение провизорного движения в проектируемом городе становится впервые возможным вообще только на базе производства расселения, так как невозможно определить движение в городе, зная только места тяготения (что всегда известно в планировке) и не зная, откуда происходит движение. Напротив, знание этого планировочного момента является, вместе с обычными данными планировки, достаточным условием определения движения в городе.

Теоретический расчет движения в городе производится в наглядной графической форме графиков движения.

Теоретически все движение города может быть разделено на две самостоятельные и равновесные по значению группы, которые (не вполне правильно) обычно называются трудовым и культурно-бытовым движением.

Графики трудовых передвижений могут быть составлены непосредственно по данным расселения.

Какое количество населения каждого микрорайона связано с каждой из площадок трудового тяготения, показывает непосредственно ведомость расселения (рис. 18). Там показано все население с иждивенцами и обслуживающим населением. Соотношение между всем населением и градообразующим населением всегда известно. Оно колеблется от 2,5 для небольших поселков и ранних стадий развития города до 3,8-4,0 в больших городах и на далеких стадиях развития города. Вообще же это отношение:

$$K = \frac{100a}{100 - ac}, \qquad (78)$$

где а- коэффициент неактивности (обычно 1,75-1,80) и с – коэффициент обслуживания (от 10 до 30).

Разделив, таким образом, расселяемое в каждом микрорайоне население на К, находим прямо по каждому из микрорайонов – количество передвигающихся из микрорайона и каждой из площадок трудового тяготения.

Передвижения эти будут совершаться частично средствами транспорта, частично пешком. Для последующих расчетов уличной сети важно разделить эти передвижения. Сделать это просто (по 28). Для этого, как мы уже знаем, для более далекой перспективы, достаточно иметь ввиду, что передвижения до 1 км совершаются на транспорте в 25 % всех случаев, передвижения дальностью от 1 до 2 км – в 75 % и передвижения свыше 2 км при наличии транспорта, практически совершаются полностью средствами транспорта.

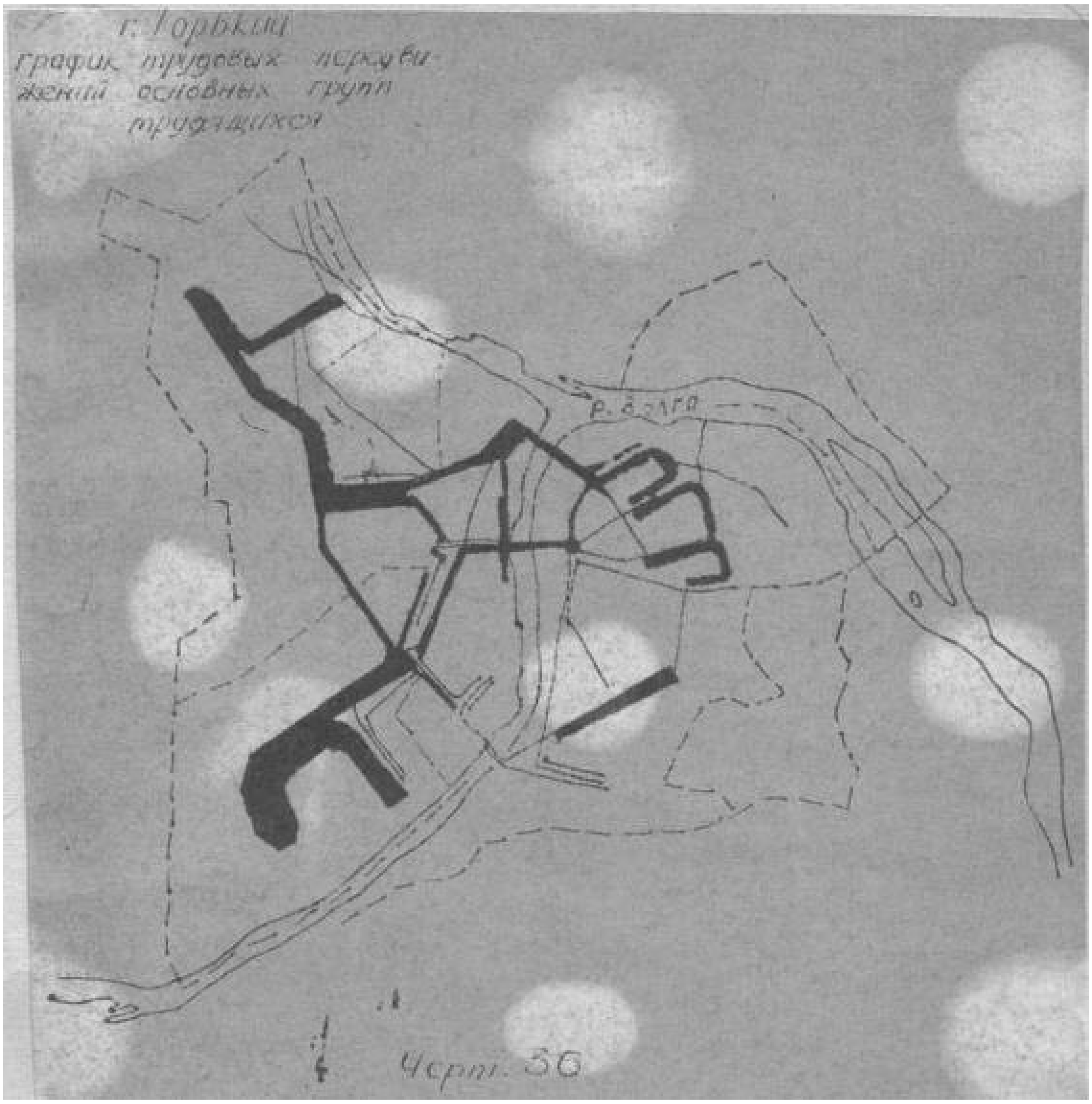
Переход от найденного таким образом числа ежесуточно движущихся трудящихся к числу пассажиров за 1 год в обоих направлениях производится, исходя из соображения, что на каждого ежесуточно движущегося приходится в год 280 трудовых дней или 560 передвижений.

Остается произвести графическое построение графиков трудовых передвижений. Построение это производится по типу, показанному на рис. 36, в ярких (для хорошей различимости) красках (см. рис. 37). Чертеж показателен только в толщине линий и положений исходных и конечных линий в тех или иных микрорайонах и площадках трудового тяготения. Ход линий связи в промежуточных местах совершенно условен. Условность эта вынужденная, ибо если бы все связи построить прямыми, непосредственно связывающими отдельные микрорайоны, получилась бы паутина, в которой трудно было бы разобраться. Поэтому при составлении графиков надлежит производить группировку смежных близко направленных потоков движения, что в дальнейшем облегчит и решение следующей задачи – проектирование уличной сети.

В силу этого обстоятельства, составление трафиков не является механической задачей и требует некоторого навыка. Масштаб трафиков произвольный: обычно 1:20000. Толщина линий, показывающих потоки движения, -для целей последующего – должна даваться двойная интерпретация. – 1/число пассажиров за год, в оба направления и 2/число пассажиров в час максимума в одном направлении. Как интерпретация совершается – будет пояснено ниже.

График культурно-бытовых поездок составляется в существенно ином порядке, однако, совершенно аналогично уже разобранному случаю.

Расчёт ведётся исходя из нормативного числа поездок культурно-бытового назначения на одного жителя в год. Поездки этого рода не составляют исключения из правил их распределение по дальности поездок, но их особенностью является то обстоятельство, что они совершаются внутри селитебных районов. С поездками этого рода, также внутри селитебных районов и подчиняясь тому же правилу дальности, происходят совместно и трудовые поездки работающих во всякого рода учреждениях обслуживания.



Поэтому трафик обоих этих видов движения составляются вместе. Определение числа падающих на эти виды движения поездок на жителя в год не представляет трудностей. Если N всё население города, R число трудящихся, положенных в основу построения трафика трудовых передвижений, a – коэффициент не активности (обычно 1,70 – 1,75) и l_1 и l_2 – число поездок на жителя в год соответственно трудовых и культурно-бытовых, P – общее число поездок на жителя в год и, наконец, p – искомое число внутриселитебных поездок на жителя в год, то очевидно:

$$p = \frac{N - a \cdot R}{N} \cdot P_1 + P_2 \qquad (79)$$

Как выше установлено,

$$P_1 \approx 0{,}18 \cdot l \quad ; \quad P_2 \approx 0{,}83 \cdot l \qquad (80)$$

До 85% всего движения носит внутриселитебный характер, и лишь около 15% движения падает на трудовое движения к крупным площадкам приложения труда.

В остальном задача решается совершенно одинаково с задачей расселения и составления трафика трудовых поездок. По каждому микрорайону определяется общее число поездок, которая и размещается по всем остальным микрорайонам так, как производится расселение, т.е. с помощью сетки с кругами, центр которой совмещается в этом случае с центром тяжести микрорайона. Размещение общего числа поездок производится в зависимости от дальности микрорайонов от рассматриваемого микрорайона по той же кривой, что и служило для расселения. Графическое оформление трафиков культурно-бытовых поездок производится также, как и трафиков трудовых передвижений (см. рис.37). Масштаб построения, как и ранее, двойной – 1/число пассажиров в год в оба направления и 2/число пассажиров в час максимум в одном направлении.

Графики движения, как следует из метода их построения, показывают корреспонденцию пассажиров между микрорайонами или их «пассажиросвязь».

По графикам движения можно прочитать, однако, не только пассажиросвязь микрорайонов, но и работу транспорта между теми же микрорайонами, выраженную в пассажиро-километрах или «работосвязь» микрорайонов.

Действительно, расстояния между центрами тяжести микрорайонов является средними расстояниями корреспондирующих микрорайонов по воздушной линии; помноженные на средний коэффициент непрямолинейности они дадут среднюю дальность поездки. Утверждение, что расстояние между центрами тяжести микрорайонов является средним расстоянием связи между микрорайонами – может быть строго доказано для микрорайонов любой формы, размеров, взаимного расположения и расстояния.

Поэтому, если P_{ik} есть «пассажиросвязь» 1-го микрорайона с к-м; L_{ik} – расстояние центров тяжести тех же микрорайонов по воздушной линии и d – коэффициент непрямолинейности связи между теми же микрорайонами, то работа транспорта между микрорайоном 1-м и к – м, выраженная в пассажирокилометрах, будет

$$R_{ik} = P_{ik} \cdot L_{ik} \cdot d$$

а полная работа транспорта в городе будет

$$R = d\sum_{1}^{n} \sum_{1}^{n} P_{ik} \cdot L_{ik} \qquad (81)$$

Соответствующее преобразование трафиков движения, выражающих пассажиросвязь, в трафики, выражающие работосвязь, может быть легко сделано. Для этого достаточно ширину каждой составляющей трафика пассажиросвязи увеличить в число раз, выражающее реально расстояние между соответствующими микрорайонами.

Из этого рассуждения заключаем обратно, что трафик пассажиросвязи выражает также работу транспорта между корреспондирующими микрорайонами в пассажирокилометрах на километр пути.

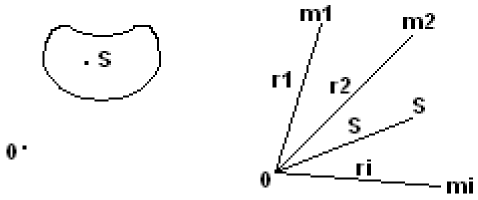
Как уже сказано выше, при расчете транспортных средств города необходимо знать, как общий объем движения (в количестве поездок в оба направления за год или в количестве сделанных пассажирокилометрах за год в обоих направлениях), что непосредственно, как мы уже знаем, показывают трафики движения, так и объем максимума движения в час максимума в одном максимальном направлении – величина пропускной способности проектируемой уличной сети.

Действительно, точка S является центром тяжести масс, m_1, m_2, m_3, …, если относительно произвольной точки 0 может быть установлено соотношение[1].

$ms = m_1 r_1 + m_2 r_2 + \ldots = \Sigma\, m_i r_i$

$m = \Sigma\, m_i$

Рис.39 Рис.38



Если $m_1 = m_2 = \ldots\ m_i = m/N$ то есть расселение внутри корреспондирующих микрорайонов равномерно (N число элементарных площадок, на которое делится микрорайон), то

$$ms = m/N\ (r_1 + r_2 + \ldots r_i + \ldots)\ \text{или}$$

$$S = (r_1 + r_2 + \ldots)/N.$$

В силу этого, переход от годового объема движения в обоих направлениях к объему движения в одном максимальном направлении в час максимума является ответственным и важным. На практике обычно пользуются несколько иными показателем, а именно: величиной процента (её будем обозначать буквой М), который составляет часовой максимум в одном максимальном направлении от средне – суточного движения в обоих направлениях.

Не трудно показать, что эта величина в нормальных случаях и при часовой продолжительности пика составляет (действительно; рассмотрим сначала трудовые поездки рабочих и служащих промышленных производств):

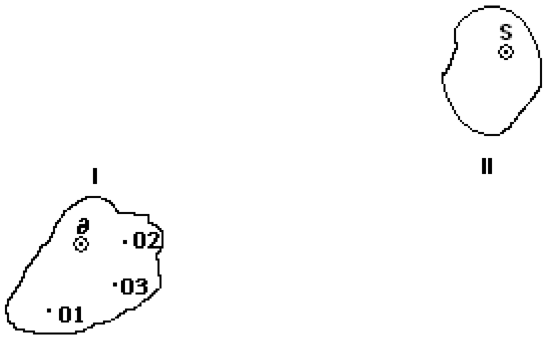
для трудовых поездок рабочих производств М = 26%

обслужив.персонала М = 43% (88)

культурно – бытовых поезок М – 7,5%

т.е. среднее расстояние из любой точки до всех точек произвольного микрорайона равно расстоянию этой точки до центра тяжести микрорайона.

Рис.40



На основании этой леммы заключаем, что среднее расстояние произвольной точки O, микрорайона на 1-го до всех точек микрорайона 2-го будет O,S; таким же образом, для точки O_2-O_2S и т.д., а поэтому среднее расстояние от всех точек 1-го микрорайона до всех точек 2-го микрорайона будет по доказанной лемме.

$$\frac{O_1S + O_2S + \ldots}{N} = \delta\bar{S}$$

Из иных продолжительностях пика, эти цифры будут соответственно больше или меньше. Так, при раздвижке часов начала работ в 2 часа, приведенные показатели по трудовым поездкам уменьшаются вдвое и % часового максимума для трудящихся заводов будет порядка.

$$C = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1}$$

Обозначим списочное число рабочих через R, назовем C «коэффициентом сменности» - отношение числа работающих в течение суток к числу работающих в максимальную смену (обычно первую). Тогда, если R_1 , R_2 , R_3 численность соответствующих смен, то

$$\frac{R_1 + R_2 + R_3}{R} = \frac{280}{360} = 0{,}775$$

Так как при непрерывке,

то коэффициент сменности

$$C = \frac{0{,}775}{R_1} R$$

12%, фактически и наблюдаемые на улицах, прилегающих к крупным заводским районам[1].

Знание частных %% часового максимума по отдельным видам движения – трудящихся основной промышленности, трудящихся обслуживающих учреждений и всего населения по культурно – бытовым надобностям – не дает, однако, еще планировочно значимой величины, т.е. суммарного % часового максимума по всем видам движения вместе.

Введем далее «коэффициент месячной неравномерности» и «коэффициент суточной неравномерности» движения, показывающие соответственно отклонение движения в максимальный месяц от средне – месячного и в максимальный день от среднесуточного величины эти, как показывает статистика, колеблются в следующих пределах:

$$\left.\begin{aligned} m &= 1.10 - 1.15 \\ s &= 1.05 - 1.10 \end{aligned}\right\} \qquad (83)$$

Далее необходимо установить «коэффициент направленности движения» - n. Он показывает степень равномерности распределения движения в каждом из двух направлений. При движении в одну сторону n =1, при равном распределении движения в обоих направлениях n =2. Для трудовых передвижений

$$n = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

И так как R_2 обычно равно 85% от R_1, то обычно

$$n = 1{,}85 \qquad (84)$$

Введем обозначения:

число трудовых поездок на жителя в год…………P

годовое количество поездок N

количество пассажиров в час максимума в одном направлении $\underline{P}$

продолжительность максимума в часах h

$$M = \frac{100}{\left(\frac{N}{360}\right)}\%$$

в системе этих обозначений будем иметь:

где $\underline{P}$ = (0,775R*Pm*S)/(360*c*n*h)

но так как R_p = N, то искомое

$$M = 77{,}5 \cdot \frac{ms}{Cnh}$$

Как выше сказано, m = 1,15 S=1,10; n = 1,85 и, наконец, обычно порядка 2,1. При этих условиях, более или менее типичных,

$$M = 25/h,\ \% \qquad (36)$$

Трудовые поездки обслуживающего персонала выражаются теми же зависимостями. Однако, в этом случае

$$n = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{R_1 + 0{,}5R_1}{R_1} = 1{,}5$$

и C = 1,5. Поэтому

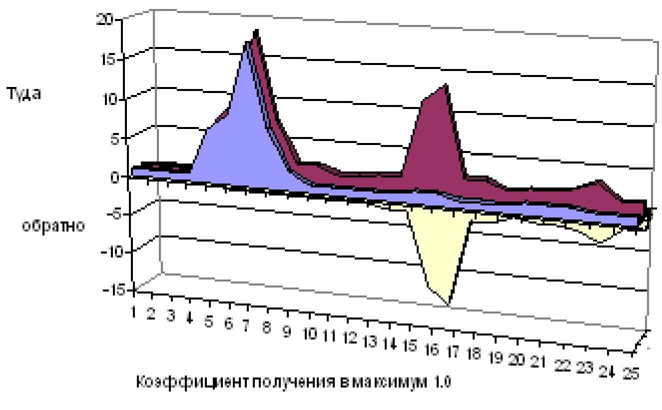
$$M = 43/h, \%\qquad(87)$$

Что касается, наконец, культурно – бытовых поездок, то теоретических путей, подобных изложенному только что, здесь существовать не может. Основываясь же на фактических данных Ленинграда с 250 тыс. передвижений в Ленинграде в 1932 г., может быть построен вероятный график культ.-бытов[1]. Поездок, показывающий искомый максимум в средние сутки порядка 6%, а с учетом неравномерности -.

Это и понятно, так как максимум каждого из этих видов движения наступает в разное время, момент же наступления суммарного суточного максимума и его величины зависит от соотношения объемов частных видов движения. Это соотношение видов движения должно с течением времени меняться – движение культурно – бытовое, равно как и трудовое движение обслуживающих групп, должно постепенно увеличиваться. За счет этих изменений будет меняться и вид суммарного суточного графика. Но во всех этих чрезвычайно текущих процессах есть нечто более стабильное, что и позволяет дать решение поставленной задаче – это распределение во времени суток каждого из основных слагающих движений, действительно, и в трудовых, и в культурно – бытовых потоках есть определенный временный и весьма устойчивый порядок, определяемый сложившимся трудовым режимом и бытом.

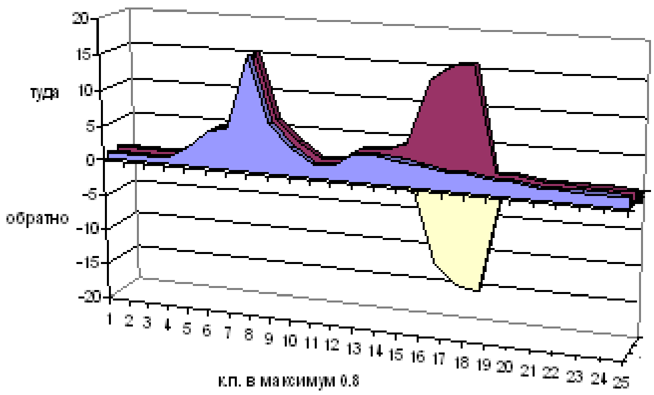
Отсюда особое значение приобретают частные суточные графики передвижений, построенные для отдельных видов движения. Они, являющиеся более или менее устойчивыми, позволяют, с одной стороны, для любой комбинации этих видов движения строить суммарные суточные графики движения, с другой же – установить «коэффициенты попадания частных максимумов движения в его общий суточный максимум», т.е. величины, меньшие единицы, на которые следует умножить % суточного максимума каждого честного вида движения, чтобы найти его долю в общем максимуме движения.

Рис.41.Суточный график передвижений трудящихся основной группы



Статистика этого рода необходимой степени полноты, насколько нам известно, никогда у вас не производилась; заграничные же данные (если они есть) трудно приложимы вследствие значительных отличий трудового и бытового режима. Тем не менее, довольно вероятное построение этих графиков может быть сделано на основе неполных данных изучения 250 тысяч передвижений в Ленинграде в 1932 г., предпринятого Транспортным управлением Ленсовета[1]. Собранные там данные о соотношении отдельных видов культурно – бытового движения по их назначению, указания о часе наступления максимума культурно – бытового и трудового движения, суточный ход трудового движения в интервале через 2 часа, в сочетании с известными ранее суммарными графиками суточного движения в интервале через час, позволили инж. Я.С. Ротенбергу построить приводимые здесь частные суточные графики движения, которые можно признать в достаточной мере вероятности (см. рис. 41 - 44).

Рис.42.Суточный график передвижений трудящихся обслуживающей группы



Имея эти графики и задаваясь определенным соотношением видов движения на проектную перспективу (напр., как сделано в данном случае), - группа основынх трудящихся принята в 27% населения при 560 передвижений в год; группа обслуживающих в 29% при 580 передвижениях в год на 1 трудящегося; группа культурно – бытовых передвижений 100% при 450 передвижениях на жителя, легко построить суммарный суточный график, представляющий собой приведенное к 100 удельное среднее частных графиков (см. рис.44).

Зная по этому графику час наступления общего максимума, а по частным графикам для того же часа % падающего на него суточного движения и % часового максимума по этому частному

виду движения определяем коэффициент попадания в максимум, как отношение этих двух величин. Они оказываются следующими:

Трудовое движение градообразующей группы – 1,0

обслуживающей группы – 0,8 (89)

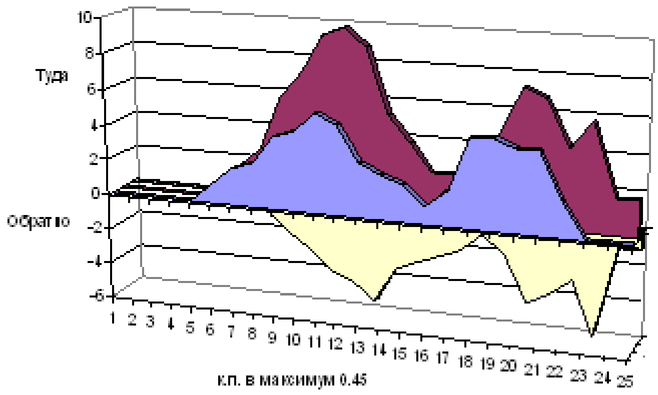
Культурно – бытовое движение – 0,45

Теперь задача нахождения суммарного % часового максимума в зависимости от ведущих факторов решается просто.

Принимаем -

1) Трудовое движение градообразующей группы – 27% всего населения; 560 передвижений в год или 170 поездок в год; частный максимум $25/h_1$; коэффициент попадания в максимум – 1,0;

Рис.43.Суточный график культурно-бытовых передвижений



2) Трудовое движение обслуживающей группы – 27% всего населения; 560 передвижений в год или 170 поездок в год; частный максимум 43/ h_3 ; коэффициент попадания в максимум – 0,8;

3) Культурно – бытовое движение – 100% всего населения; К – передвижений на жителя в год или 0,30К поездок на жителя в год; частный максимум 7,5%; продолжительность максимума – 1 час; коэффициент попадания в максимум – 0,45. Подсчет максимума можно вести как по передвижениям, так и по поездкам. Результат будет, очевидно, один и тот же.

$$\frac{27{,}560{,}1\dfrac{25}{h}+27{,}560\cdot 0{,}8\dfrac{43}{h_2}+100.K.0{,}45.7{,}5}{27.560.1+27{,}560\cdot 0{,}8+100.K.0{,}45}\%$$

Суммарный максимум М равен –

Или

$$M=\frac{\dfrac{8{,}4}{h_1}+\dfrac{11{,}6}{h_2}+0{,}007K}{0{,}6+0{,}001K} \qquad (90)$$

Формулу эту и можно рекомендовать для соответствующих планировочных расчетов. Напомним еще раз, что в ней h_1 – продолжительность максимума трудового движения градообразующей группы, или – что то же продолжительность раздвижки смен основной промышленности, выраженная в часах; h_2 - тоже по трудовому движению градообслуживающей группы и К число передвижений на жителя в год с культурно – бытовыми целями.

Пользуясь этой формулой и полагая в ней К = 600, а $h_1 = h_2 = 1$, получим М = 20%, т.е. такое средне значение часового максимума, которое никогда не наблюдается. Это и естественно, так как h_1 и особенно h_2 не равны 1 часу. Приведенные графики суточного движения показывают, что h_1 = 2 часам, а h_2 = 3 часам. Сохраняя К = 600 и подставляя эти значения h_1 и h_2 в выведенную формулу, найдем М = 10,2% в максимальный день максимального месяца или 0,8% в средний день, т.е. значение % часового максимума уже очень близкое к фактически наблюдаемым.

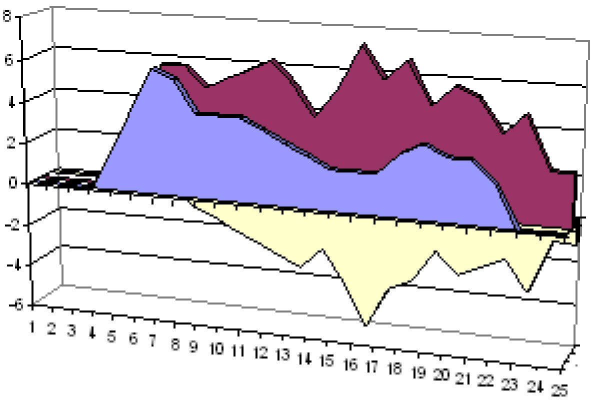
Так как h_2 должно быть устойчивым и во всех случаях может быть принято равным 3 часам, то значение М практически зависит лишь от h_1 и К. При этом, в большом городе с большим количеством предприятий, h_1 никогда не будет меньше 2 часов. Меньшие значения возможны только в небольших сравнительно населенных пунктах, связанных с одним – двумя крупными производствами.

Так как графики движения составляются часто порознь для трудового движения, связанного с основной градообразующей промышленностью и затем вместе для трудовых поездок, то представляется важным уметь определять % часового максимума и для этих групп движения.

$$m_1 = \frac{25}{h_1}\%$$

Ход рассуждений очевиден. Результаты следующие – трафик трудовых движений градообразующей группы

Рис.44.Суммарный перспективный суточный график городского движения (группа основного труда 22% к 560передвиж.обслуживающ. 30% к 560передвиж.культ.бытов.передв. 100% к 450 в год)



$$m_2 = \frac{3{,}8 + 0{,}007K}{0{,}26 + 0{,}001K}\%$$

Трафик культурно – бытовых движений и трудовых движений градообслуживающей группы

При К = 600, получаем $m_2 = 9{,}3\% \approx 9{,}5\%$.

Сводя все эти расчеты к наиболее частому практически случаю (h_1 = 2 часа, h_2 = 3 часа, К = 600), будем иметь следующие показатели:

$m_1 = 12{,}5\%$; $m_2 = 9{,}5\%$; $M = 10{,}2\%$.

Так как пешеходное движение находится в определенном отношении к движению с помощью транспорта, будучи приблизительно в 2,5 раза больше его, то трафик культурно – бытовых и трудовых поездок, вместе с тем, является и трафиком переходного движения, для чтения которого на том же чертеже следует показать третий масштаб для часа максимума и одном направлении.

В заключении следует обратить внимание на степень детализации трафиков. Как уже сказано, степень детализации потоков движения изложенным методом может быть достигнута путем соответствующего уменьшения площади микрорайонов. Мы выше указали, однако, что – даже для большого города порядка 500 тыс.жителей – достаточно взять ≈ 20 микрорайонов, что и может служить мерою точности этих расчетов. С тою же точностью могут быть составлены и трафики, что должно сослужить большую пользу при детальной разработке начертания уличной сети города в каждой отдельной его части. Вместе с тем, такой трафик будет очень сложным и не позволит усмотреть наиболее общие закономерности движения, а вместе с тем, и найти главную идею построения магистралей города.

Исходя из этих соображений и в целях решения основной планировочной задачи, которую ставит себе вся эта дедукция – построение транспортно оправданной сети магистралей города – для городов больших надлежит, после расчета расселения, произвести укрупнение микрорайонов, с доведением их числа до 5-7, максимум 10 и уже, исходя из данных по укрупненным микрорайонам, строить трафики. Операция укрупнения микрорайонов – проста и очевидна; числа живущих или числа распределенных поездок смежных объединяемых микрорайонов складываются между собой. Помещенные здесь в качестве примера трафики (рис.36 и 37) построены по этому методу.

1 Данные до 1928 г. см. «Потребление и уровень жизни в США», Л. Вольман, изд. 1930, стр. 67.

1 Я.М. Гольберг, «Автомобиль и дорога в цифрах», 1932 г.

1 HÜTTE, т.1,стр. 231.

1 Зильберталь. «Трамвайном хозяйстве», стр.115.

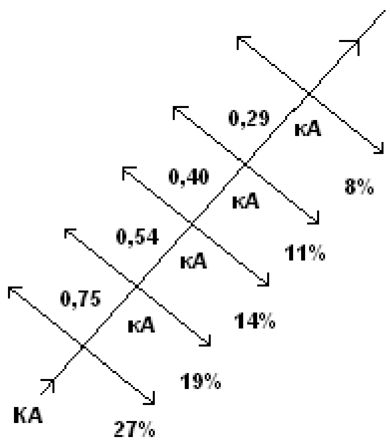
1 Дрюбин, Иванов, Гвоздев: «Методология планирования внутригородских пассажирских перевозок».Изд.Транспортного упр. Ленсовета, 1935 г.

1 Дрюбин, Иванов, Гвоздев: «Методология планирования внутригородских пассажирских перевозок».Изд.Транспортного упр. Ленсовета, 1935 г.

33. Скорость рассредоточения транспортных потоков

При оценке приведенных теоретических значений % часового максимума следует иметь в виду, что движение, даже от наиболее напряженных центров, рассасывается очень скоро и дает объем движения, быстро входящий в рамки среднестатистического движения. Это показывают очень наглядно установленные выше правила расселения и распределения пассажиров по дальности поездки. В качестве примера рассмотрим случай, когда движение от одного трудового центра с числом трудящихся N растекается по жилому району, связанному с этим центром одной магистралью. Скорость связи примем в 12 км/час. Пусть % часового максимума будет М. Ведя расчет через каждый километр, легко получаем:

Рис.45



В начале 1- го, км.,%	По боковой магистр.	О по основн.
В конце 1 - го	(0,27/2)М	0,73М
В конце 2 - го	(0,19/2)М	0,54М
В конце 3-го	(0,14/2)М	0,40М
В конце 4-го	(0,11/2)М	0,29М

Следовательно, если даже М = 25%, то уже в конце 1-го километра по боковым магистралям проходит лишь 3% растекающегося потока, в конце же 2-го километра лишь 0,2%, т.е. в разводящих по жилым районам магистралях движение чрезвычайно быстро входит в средне- статистические нормы. На основной магистрали, если она одна, движение рассасывается несколько медленнее, входя в статистические средние нормы – 7% - лишь к концу 4-го километра; но такой случай редок. Если же магистралей две, или же даже одна, но не тупиковая, то статистически наблюдаемые средние получаются уже к концу второго километра.

$$\frac{0,27 \cdot 43}{4} \div 2,9\%$$

Так как центры приложения труда в учреждениях культурно – бытового обслуживания обычно расположены в селитебных районах, то в этом случае можно принять, что от такого центра есть 4 разводящих направления. Но в таком случае даже при М = 43%, уже в конце 1-го километра мы получаем на боковых улицах поток, составляющий лишь всей движущейся массы.

34. Пропускная способность улиц при бесперебойном движении.

Пропускная способность улиц при бесперебойном движении невысока, даже при движении в несколько полос в одном направлении. Но планировка может сильно её снизить. Поэтому необходимо уметь её учитывать по всем тем факторам, которые на неё влияют.

Безопасный интервал между машинами определяется следующим образом.

Слагаемые безопасного интервала tv+e – очевидны; первое слагаемое – тормозной путь. Обозначим его через α. Работа торможения, с одной стороны, выражается через вес экипажа ρ так:

$$P\alpha = (f + \mu)$$

$$P\alpha \cdot (f + \mu) = \frac{PV^2}{2g} \pm P_i l)$$

С другой – они идет на преодоление живой силы экипажа $\rho v^2/2g$ и на работу подъема экипажа $P_i\alpha$, т.е.

Откуда

$$\alpha = \frac{v^2}{2g(f + \mu \pm i)}$$

$$D = \frac{v^2}{2g(f + \mu \pm i)} + Tv + l$$

что и дано в тексте.

Где v – скорость машины в м/сек., g – ускорение силы тяжести (g = 9,81 м/сек2), f – коэффициент сцепления при качении во всех случаях нужно принимать f = 0,01,

μ – коэффициент сцепления при скольжении и i - уклон или подъем пути (он может достигать 0,12) и должен браться с «-» при спусках и с «+» при подъемах, T = время реакции шофера (T обычно принимают в 1 сек.), l – длина машины в м (обычно l = 4м).

Значения μ:

при замерзшем утрамбованном снеге μ = 0,21

на мокрой гладкой улице μ = 0,15

на сухой дороге μ = 0,30

Тот же интервал между машинами, выраженный во времени, будет:

$$T = D/v, \text{ сек} \qquad (94)$$

Пропускная способность бесперебойного движения по одной полосе

$$N = 3600/T, \text{ маш/час.} \qquad (95)$$

Введем ещё одно обозначение. –Назовем «виртуальным коэффициентом сцепления» величину

$$K = f+\mu\pm i \qquad (96)$$

Как видим из (96) и других данных формул, минимум пропускной способности падат на спуски, максимум – на подъемы четырехпроцентный уклон снижает пропускную способность улицы приблизительно на 30%.

Вычисленная по этим формулам пропускная способность улиц для автомобильного транспорта дана на диаграмме рис.46.

Рис.46.Пропускная способность одной полосы бесаеребойного автомобильного движения (k=M+f±i)

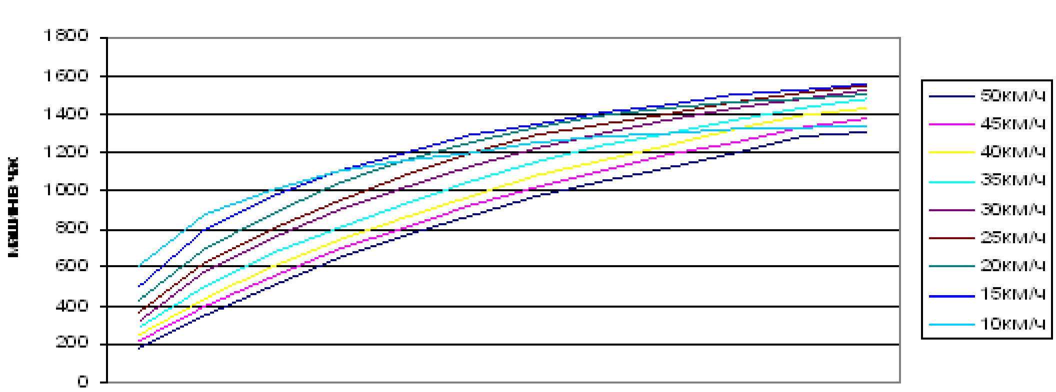


Диаграмма эта полностью подтверждает тезис о невысокой пропускной способности улиц. При разрешенной скорости движения в 50 км/час в зимних условиях по горизонтали (K=0,16) одна полоса движения пропускает 650 маш/час или около 1000 пассажиров. Ничто не мешает, правда, устройству даже 4-х полосного автомобильного движения в одном направлении, что соответственно поднимает пропускную способность, оставляя ее все же ниже пропускной способности одной полосы движения даже с автобусным движением, не говоря уже о трамвае.

35. Общая формула задержек движения.

Следует при всех расчетах движения помнить, что улицы подобны каналам для движения жидкости: их пропускная способность определяется местом с минимальной пропускной способностью. Места задержек движения поэтому особенно тщательно должны устранятся при планировке.

Пусть при движении экипажа в течение часа он встречает n задержек продолжительностью каждая T сек., что вызывает снижение скорости V км/час на величину ΔV. Тогда средняя скорость экипажа понижается:

$$V = V - \frac{nT\Delta n}{3600} \text{ км/час} \qquad (97)$$

как понижается и пропускная способность улицы. Вывод формул даваемых выше.

В течение nT сек. из 3600 сек., или часа, экипаж движется со скоростью V-ΔV, а остальное время (3600- nT) сек с нормальной скоростью V. Средняя скорость будет

$$\overline{V} = \frac{(3600 - nT)V + nT(V - \Delta V)}{3600} = V - \frac{nT\Delta V}{3600}\,. \qquad (97)$$

Скорость V км/час отвечает $\frac{V}{3,6}$ м/сек. Поэтому пропускная способность $N_0 = 1000\frac{V}{Д}$, чтобы получить сниженную задержками пропускную способность нужно в последнюю формулу вместо V представить V из (97). Тогда непосредственно получаем /98/.

Пропускная способность будет:

$$N = 1000\frac{V}{Д}\left(1 - \frac{nT}{3600} * \frac{\Delta V}{V}\right) \text{ экип/час,} \qquad (98)$$

где Д – интервал между экипажами в метрах (см. 93).

Так как при отсутствии задержек движения

$$N_0 = 1000\frac{V}{Д} \qquad (99)$$

То еще проще, при расчете задержек, определять «коэффициент полезного действия» улицы $K_{кд} = \frac{N}{N_0}$.

Имеем:

$$K_{\text{пв}} = (1 - \frac{nT}{3600} * \frac{\Delta V}{V})100 \%. \tag{100}$$

36. Потеря скорости и КПД на перекрестках.

Когда препятствие, встречаемое на пути, заставляет остановиться, то $\Delta V = V$. Именно таково положение на перекрестках улиц по (97 и 100), в этом случае имеем:

$$\bar{V} = \frac{V}{1 + \frac{VpT}{3600}} \tag{101}$$

$$K_{\text{пв}} = 1 - \frac{Vp}{3600 + VpT} \tag{102}$$

Здесь V – разрешенная скорость движения, p- частота перекрестков, т.е. их число, приходящееся на 1 км пути и T – продолжительность задержки экипажей на каждом из перекрестков в секундах.

Пусть частота перекрестков p =1/км. Будет встречено за час $\bar{V}p$ перекрестков, т.е. $n = \bar{V}p$. Поэтому по (100) имеем, где $\Delta V = V$:

$$K_{\text{пв}} = (1 - \frac{V}{3600} pT)100\% \tag{a}$$

Но по (97) при тех же условиях

$$\bar{V} = V(1 - \bar{V}\frac{pT}{3600}),$$

откуда немедленно получается /101/. После нахождения $\bar{V}$, находим и $K_{\text{пв}}$, представляя в (а) выражение для $\bar{V}$.

При разрешенной скорости движения V=50 км/час, средней продолжительности задержки на перекрестке T= 20 сек, будем иметь такие сниженные скорости:

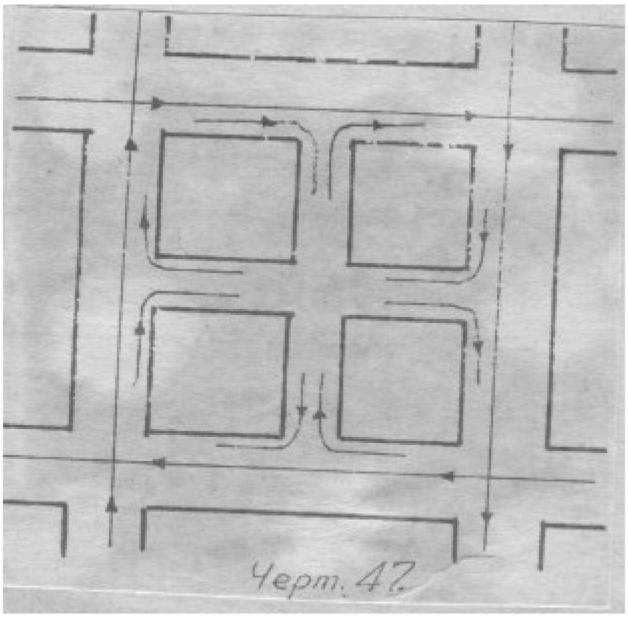
Число перекрестков на 1 км	Средняя скорость в км/час	Потеря скорости в %
4	24	52
3	27,5	45
2	32	36
1	39	23

Отсюда заключаем, что число перекрестков, приходящееся на 1 км улицы, чрезвычайно влияет на скорость движения. Соответственно понижается и коэффициент полезного действия улицы. Действительно, в тех же случаях имеем:

Число перекрестков на 1 км	Коэффициент полезного действия улицы
4	47%
3	55%
2	66%
1	78%

Из этих расчетов надлежит сделать тот бесспорный вывод, что в более или менее крупных городах, где интересы городского транспорта являются особо жизненными интересами городского населения, недопустимо членение территории на небольшие жилые кварталы. Даже обычные в новой планировке кварталы порядка 9 га (300*300 м) являются еще слишком задерживающими движение в городе.

С этой точки зрения надлежит высказываться за значительно большие кварталы порядка 25 га (500*500 м) и еще лучше 100 га (1000*1000 м), что не мешает, впрочем, производить членение этих кварталов на более мелкие участки внутриквартальными проездами, имеющими ограниченную связь с магистралями только правым движением, как это показано на рис. 47. В этих случаях, если при этом для этого рода движения отведены специальные полосы по внешним границам улиц, такие дополнительные перекрестки вообще не задерживают движение. Против ширины проезжей части улицы, отводимой для транзитного движения, надлежит, таким образом, давать уширение проезжей части по обеим сторонам улицы на одну полосу для местного движения.



37. Планировочная гарантия скорости.

Скорость сообщения – важнейший фактор жизни города. Только что приведенный расчеты показывают, как неправильной планировкой можно снизить эти скорости. Мы должны поэтому сформулировать критерий, соблюдение которого является гарантией скорости. Из формулы (101) непосредственно видим, что снижение скорости определяется произведением VpT. Выставляем требование, чтобы снижение скоростей не превышало 25 % от разрешенной скорости движения. Тогда из (101) следует, что гарантия должных скоростей обеспечивается условием:

$$VpT=1200. \qquad (103)$$

Здесь V- разрешенная скорость движения, p – число перекрестков на 1 км улицы и T – средняя задержка на каждом перекрестке в секундах.

Ни одна из величин - V,p,T - не может выбираться правильно. Для выбора каждой из них имеются свои основания. Но чтобы гарантировать скорости передвижения по городу, - необходимо соблюдение равновесие между этими величинами, выражаемое условием (103). При соблюдении условия (103) и КПД улицы оказывается не ниже 75%. Так, если мы рассчитаем на обеспечение скорости сообщения $\overline{V} = 40$ км/час, то разрешенная скорость будет 50 км/час. Тогда по /103/ условием возможности такой скорости является:

$$pT \leq 24 \qquad (103)$$

И, если перекрестки встречаются по одному из км (p=1), то перекрестки должны быть организованы, чтобы средняя потеря времени у перекрестка $T \leq 24$ сек. При p=21 /км $T \leq 12$ сек. потеря времени у перекрестка зависит от режима перекрестка.

38. Режим перекрестков.

Режим перекрестков, от которого зависит потеря времени у перекрестка T, можно строить, исходя из разных соображений. Чаще всего его строят из соображений сокращения потерь времени у перекрестка. Так и нужно делать, когда мы имеем дело с автострадой или такой скоростной магистралью, по которой всякое пешее движение запрещено, равно как исключено и пешее пересечение магистрали в одном уровне с экипажами.

Совершенно иначе нужно смотреть на дело, если пешее движение идет рядом с экипажами и если улицы, как обычно, пересекаются в одном уровне с пешеходами. Здесь ведущим принципом организации движения на перекрестках должна быть безопасность пешеходов и экипажей. Как бы ни зависела аварийность на улицах от неосторожности самих пешеходов, нельзя не согласиться с ТРИППом, что «мы не можем все время думать о том, чтобы не быть убитыми» и что «всякий город, планированный таким образом, что его жителей убивают и калечат в большом числе, - является, очевидно, плохо спланированным городом»[1].

Перекрестки являются опасным местом, в особенности, при той системе неполного регулирования режима перекрестка, которая почти везде имеет место, завороты не регулируются. Мы будем исходить, напротив, из строжайшей регламентации режима перекрестков, полностью подчиненный идее безопасности. Это значит, что цикл движения на перекрестке должен быть достаточно продолжительным, обеспечивающим переход пешеходов через улицу.

Разобщение пешего и автомобильного движения на перекрестках сложно, мало эстетично, в особенности при туннельном решении (так как перекрестки являются архитектурно весьма ответственными пунктами), почему может быть рекомендовано лишь для автомобильных улиц, т.е. большескоростных городских дорог, число которых даже в большом городе весьма ограничено. В нормальных условиях, таким образом, задержки транспорта на перекрестках лимитируются пешеходами, которым необходимо обеспечить безопасный переход улицы. Основываясь поэтому на скорости пешехода 4 км/час, следует при всех расчетах перекрестков исходить из скорости пешехода в 1 м/сек. Правило это показывает, что на пересечении типичной для новых городов улицы в 30-40 м, необходимо предоставить пешеходу 30-40 сек. разобщенного с транспортом движения. Отсюда же нужно сделать вывод, что организовать однократное пресечение улиц пешеходами при часто проектируемой им ширине в 60-100 м уже невозможно, так как это привело бы к неприемлемым задержкам транспорта, почему в этих случаях неизбежно либо устройство развязок движения в разных уровнях, либо устройство так называемых «островков безопасности » посреди улицы, что, в свою очередь, весьма неудобно для пешеходов.

Чтобы установить теперь, - чему в нормальных случаях равна задержка на перекрестках, рассмотрим наиболее типичный случай перекрестка двух улиц, при нескольких полосах движения на каждой из них.

На рис. 48 показана четырехтактная безопасная схема движения на перекрестке. Схема эта годна для любого числа полос движения в каждом направлении. Она основана на разделении прямого и поворотного движения, причем еще до поворота все машины, желающие сделать поворот направо, постепенно переходят на правую полосу движения, а у самого перекрестка выходят на внешнюю часть улицы, предназначенную для ожидания разрешения поворота; таким же образом, машины желающие повернуть налево, постепенно до перекрестка переходят на внутреннюю полосу движения, с которой у самого перекрестка переходят на специальную полосу у середины улицы, предназначенную для ожидания разрешения поворота налево. Движение регулируется таким образом, что сначала разрешается прямое движение для экипажей и одновременно для пешеходов в том же направлении. Движение это продолжается время, необходимое пешеходу на пересечение улицы. Затем пешее движение возбраняется, и на время, необходимое только транспорту, разрешается производить повороты с той же улицы во все направления. Вслед за тем, разрешается движение экипажей и пешеходов по второй улице, за которыми следуют повороты с той же улицы из всех направлениях.

При такой схеме движения на перекрестке, ширина проезжей части улицы легко определятся в зависимости от числа полос движения δ в одном направлении. Она равна

$$\lambda = 3(2\delta + 4) = 6\delta + 12 \tag{104}$$

или при одной полосе движения в каждом направлении λ=18 м.

При двух полосах движения в каждом направлении λ=24 м; при трех полосах движения в каждом направлении λ=30 м; при четырех полосах движения в каждом направлении λ=36 м.

Если ось улицы свободна (нет бульварной полосы, линии трамвая и пр.), то средние добавочные полосы у перекрестка могут быть совмещены, что уменьшает проезжую часть улицы, только что указанную, на 3 м.

Движение, сворачивающие с магистрали, зависит от многих факторов. По соображениям, развитым в разделе 33 и выше, оно едва ли может быть в более или менее типичных случаях более 10-15 % проходящих экипажей. Так как при трех полосах движения пропускная способность улицы в обоих направлениях по обоим улицам будет порядка 5000 машин в час, то за время развязки движения на таком перекрестке (80 сек) число сворачивающих машин по всем направлениям будет 10-15, или 5-8 на каждой из улиц. Такое количество машин, разумеется, уже нельзя оставить без регулировки, как делающее невозможным безопасное пешее движение. Этот же расчет показывает, что по каждой из 8 возможных трасс заворота будет в среднем двигаться 1-2 машины, что позволяет считать, что время, отводимое на завороты, может быть минимальным. Действительно, даже при минимальной скорости движения поворачивающей машины в 10 км/час, машина в 1 сек покрывает около 3 м, что позволяет совершить заворот в течение 10 сек в самом неблагоприятном случае (при 3-х полосах движения) и в 5 сек. на перекрестке улиц с одной полосой движения.

Изложенные расчеты позволяют установить для улицы с одной полосой движения в каждом из направлений такую схему регулирования движения:

- движение вдоль одной из улиц – 20 сек;
- завороты с той же улицы – 5 сек;

- движение вдоль второй улицы – 20 сек;
- завороты с той же улицы – 5 сек;
- всего – 50 сек.

Максимальная продолжительность запрещения движения в одном из главных двух направлений – 30 сек., средняя продолжительность задержки Т=15 сек.

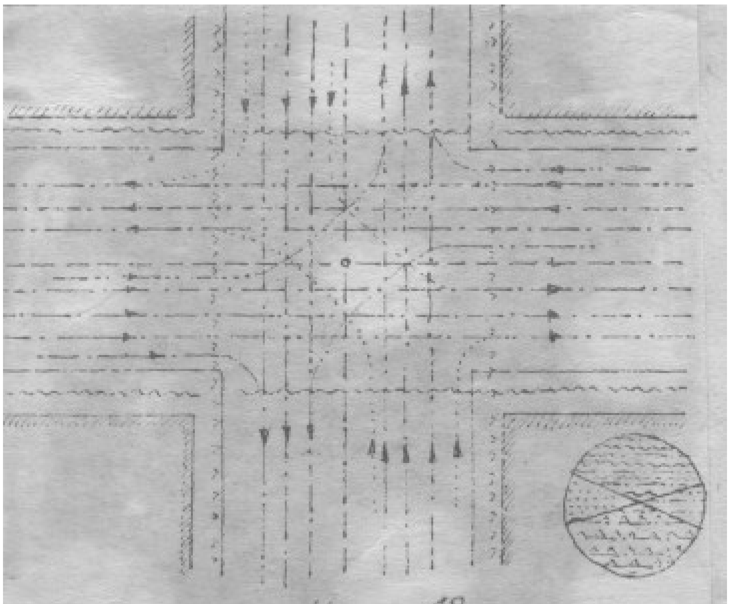
Таким же образом, для магистрали с 3-мя полосами движения будем иметь такую схему регулирования:

- движение вдоль одной из улиц – 30 сек;
- завороты с той же улицы – 10 сек;
- движение вдоль второй улицы – 30 сек;
- завороты с той же улицы – 10 сек.

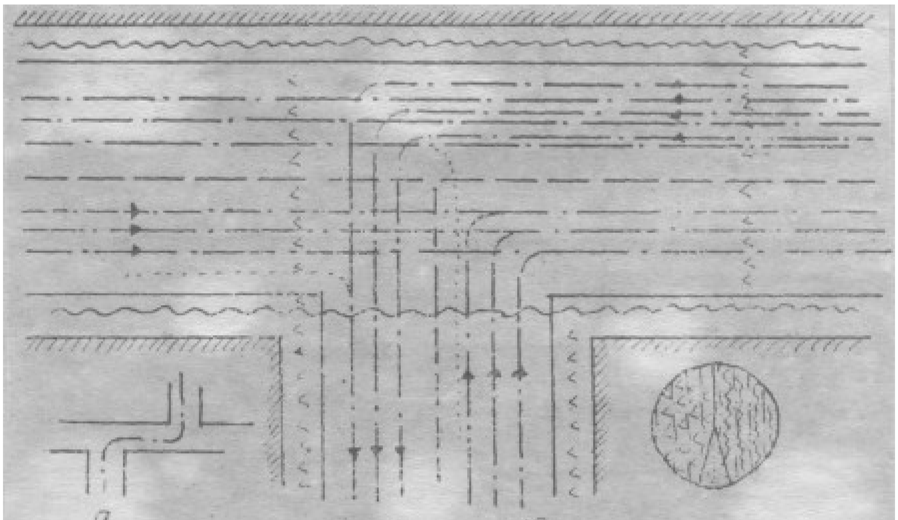
Средняя продолжительность задержки на перекрестке Т= 25 сек. Совершенно таким же образом получим, что средняя продолжительность задержки при двух полосах движения будет Т= 20 сек. Таким образом, при расчете пропускной способности улиц, задержки на обычном перекрестке двух улиц надлежит принимать от 15 до 25 сек, т.е.

$$15 \leq T \geq 25 \text{ сек.} \tag{105}$$

В тех случаях, когда встречаются две магистрали так, как показано на рис. 49, организация движения на перекрестке зависит от характера движения. Если вливающаяся магистраль в основную магистраль имеет достаточно большое движение, соизмеримое с движением основной магистрали, то – при наличии более одной полосы движения – организация движения на таком перекрестке является очень сложной. Правое движение основной магистрали у перекрестка необходимо сдваивать, что увеличивает величину проезжей части более, чем в случае простого перекрестка. Выигрыша в продолжительности задержки почти нет против простого перекрестка при том же числе полос движения (ср. задержка Т=20 сек против 25 сек на простом перекрестке). Если же таким образом сочленяются две транзитные магистрали (см. часть «а» рис. 49), то вопреки распространенному у проектировщиков мнению, пропускная способность такого скошенного пересечения меньше, а не больше, чем у нормального перекрестка, так как в этом случае средняя задержка на скошенном перекрестке будет равна 40 сек. вместо 25 сек. в обычном случае. Поэтому скошенного сочленения следует избегать.



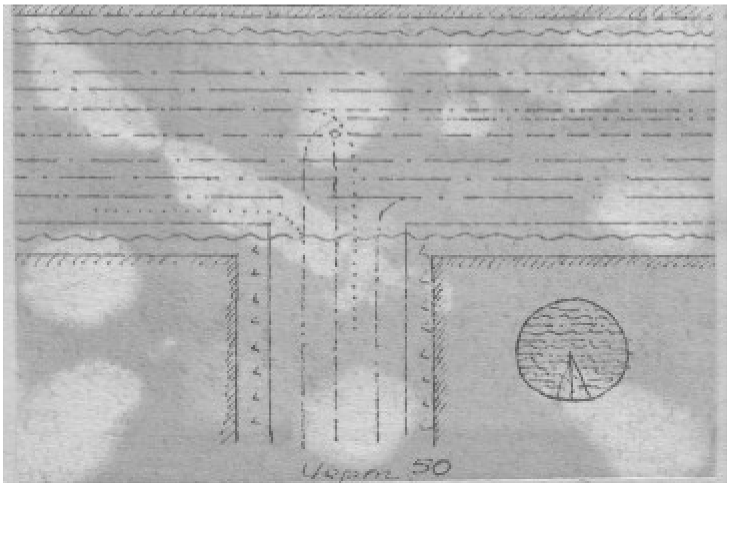
Черт. 48



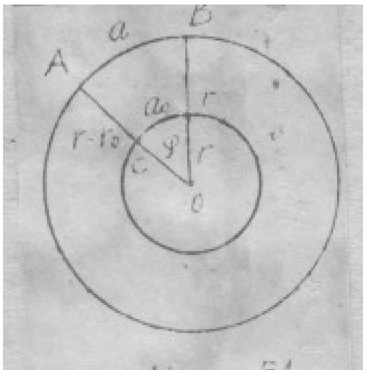
а

Черт. 49

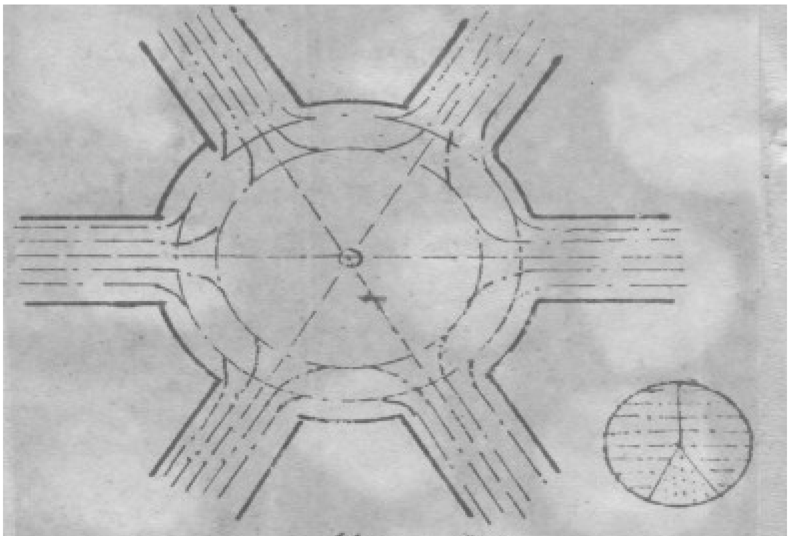
При слиянии с магистралью улицы небольшого движения (как показано на рис. 50), в том случае, если пешее пересечение магистрали не допускается, средняя продолжительность задержки на таком перекрестке будет от 5 до 10 сек.



Черт. 50



Черт. 51



Черт. 51

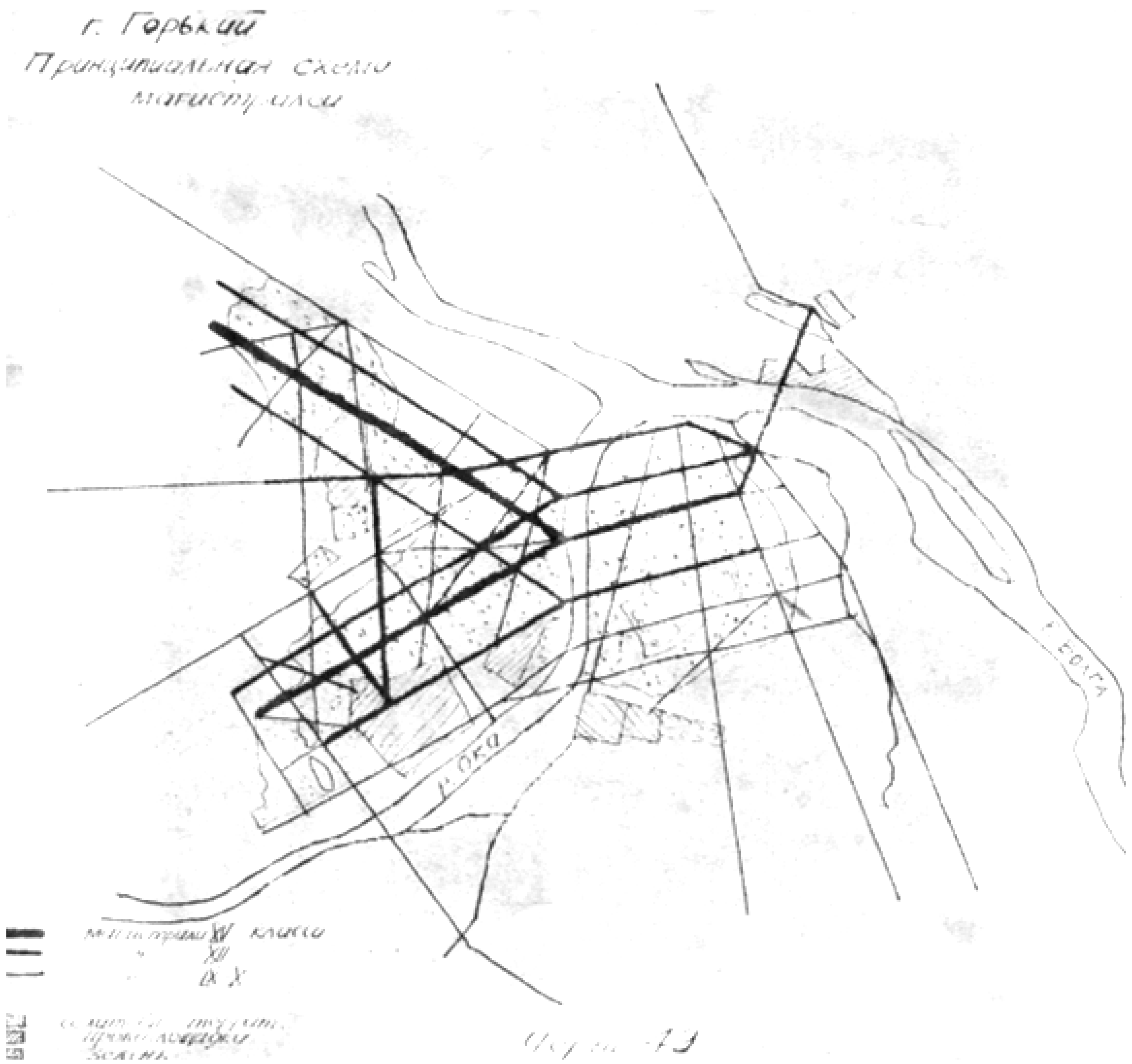
Рассмотрим, наконец, пересечение нескольких магистралей в одном пункте, образующем в таком случае уже площадь или начальное ее образование. Если пересекающие улицы более или менее равного транспортного значения, то проще всего организуется движение по кругу (см. рис. 51), причем и в этом случае движение по каждой из улиц может происходить в две и больше число полос. С увеличением числа полос движения продолжительность задержек на таком перекрестке сильно, однако, возрастает. Действительно, при кольце радиусом в 35 м и скорости движения по кольцу 10 км/час на полный оборот по кольцу необходимо 70 сек. Такова же должна быть и продолжительность разрешения движения по каждому из колец. На пропуск пешеходов (когда воспрещается всякое движение) необходимо 30 сек. Отсюда получаем такую продолжительность задержек на площадях:

Число полос движения	С пропуском пешего движения	Без пешего движения
1 полоса движения	15 сек	15 сек
2 полосы движения	50 сек	35 сек
3 полосы движения	85 сек	70 сек

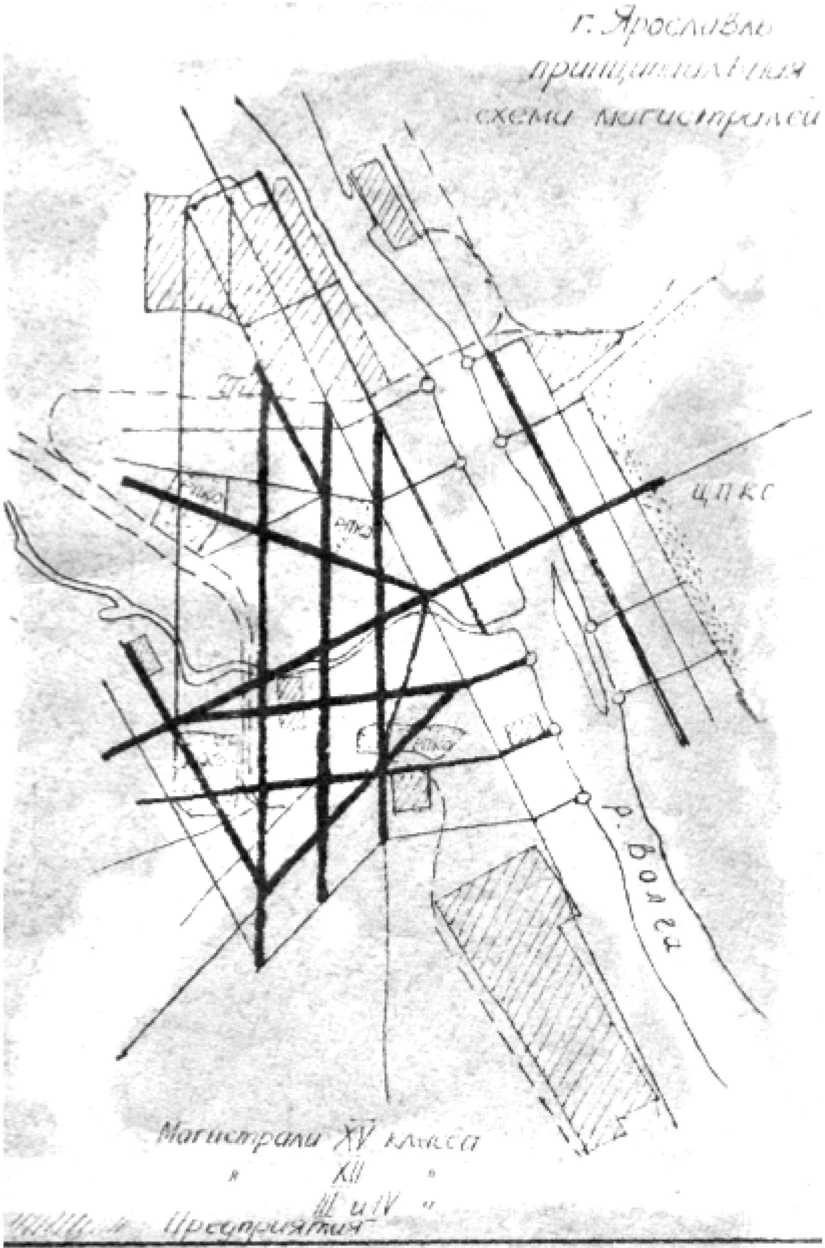
Отсюда надлежит сделать вывод, что площади – вообще мало пригодны для многополосного движения, что уже двухполосное движение по площади сопряжено с очень большими потерями, движение же в три полосы практически организовать невозможно.

Впрочем, это неверно лишь для случая регулируемого движения по круговой площади, т.е. в тех случаях, когда площадь пересекается вагонами общественного транспорта, а также пешеходами. Если этого нет, т.е. к площади сходятся автомобильные магистрали, когда пешее движение не пересекают в одном уровне, - круговые площади, как показывает американский опыт, могут бесперебойно работать без всякого регулирования с пропускной способностью до 3600 машин в час. Примеры планировочного решения круговых площадей, данного в проекте планировки Челябинска инж. Я.С. Ротербергом (Гипрогор, 1946 г.), приведены на рис. 51-а и 51-б.

Число полос движения на такой площади американцы рекомендуют делать равными ¼ суммарного числа полос движения на всех сходящихся к площади улицах.



Изложенного, в связи с разбираемой темой, достаточно, чтобы установить, что при анализе пропускной способности улиц следует считаться с задержками на перекрестках от 5 сек. в простейших случаях до 5 сек. на площадях при двух полосах движения; наиболее типичные задержки при однополосном движении на простых перекрестках и на площадях – 15 сек. , при двух полосном движении на простых перекрестках – 20 сек. и в тех же случаях при трехполосном движении – 25 сек.



Черт. 50

1 «Планировка городов и уличное движение», Лондон, 1943 г.

39. Пропускная способность перекрестков.

Расчет, построенный на средних условиях передвижения на рассматриваемой магистрали, должен быть проверен по наихудшему из сечений магистрали в данном ее участке, так как понятно, что пропускная способность любого участка улицы не может быть выше пропускной способности его наихудшего в транспортном отношении сечения.

Необходимо поэтому, помимо данного выше решения задачи, уметь определять пропускную способность произвольного сечения улицы на перегоне между перекрестками и для перекрестков. Задача эта может быть решена следующим образом.

Пропускная способность сечения улицы между перекрестками, очевидно, равна пропускной способности улицы при бесперебойности движения, что дается рис. 46. Обозначим это число через N.

Пропускная же способность отдельного перекрестка или площади равна, совершенно аналогично ранее данному выводу.

$$n' = Q\frac{V'}{Д'}\rho \quad \text{маш/час}, \tag{106}$$

где V' есть разрешенная скорость движения на перекрестке, $Д'$ - соответствующий этой скорости интервал между машинами, а Q – отношение времени разрешенного движения в рассматриваемом направлении к полному периоду работы перекрестка; ρ - число полос движения в одном направлении.

Так как $\frac{V'}{Д'}\rho$ есть пропускная способность бесперебойного движения на улице N, то

$$n' = QN. \tag{107}$$

При определении N надлежит исходить из допустимых на перекрестках скоростей движения. С точки зрения интересов безопасности, эти скорости должны быть меньше, чем на перегонах; с другой стороны, это и выгодно, так как меньшие скорости движения на перекрестках (при типичных значениях виртуального коэффициента оцепления порядка 0,2) дают большие пропускные способности перекрестка.

Обычное ускорение при трогании с места автомобилей – 1,8 м/сек^2. Поэтому, чтобы переехать улицу шириною 40 м., необходимо 6,65 сек, что дает на границе улицы скорость V= 1,8* 6,65=12 м/сек ≈ 43 км/час - скорость совершенно недопустимая на перекрестке по соображениям безопасности пешеходов. Режим пересечения перекрестков должен быть установлен поэтому на скорости порядка 10 км/час, что соответствует пересечению улицы машиной за 14 сек.

Что касается Q, то его значение всецело зависит от режима движения на перекрестке. Приведем несколько типовых значений Q, расчет каковых очевиден.

Перекресток 2-х улиц:

- при однополосном движении – 0,40;
- при двух полосном движении – 0,38;
- при трех полосном движении – 0,37.

Перекресток 3-х улиц (при круговом регулируемом движении):

- при однополосном движении – 0,70;
- при двух полосном движении – 0,40;
- при трех полосном движении – 0,30.

Перекресток 3-х улиц (при секущем движении):

- при однополосном движении – 0,22;
- при двух полосном движении – 0,21;

- при трех полосном движении – 0,20.

Действительно, режим движения на таком перекрестке будет следующим: 1 / движение вдоль 1-й улицы - 30 сек, 2 / движение вдоль 2-й улицы – 30 сек, 3/ движение вдоль 3-й улицы – 30 сек, 4/ заворотное движение по 1 и 2 улице (2 сигнала) – 20 сек, 5/ тоже по 2 и 3 улице - 20 сек, 6/ тоже по 3 и 1 улице – 20 сек, всего же 150 сек. Это дает для движения вдоль одной из улиц $Q = \frac{30}{150} = 0{,}2.$ Аналогичен расчет и для других случаев.

Приведенные значения Q, как видим, могут быть обобщены:

1. для перекрестка двух улиц, независимо от числа полос движения Q=0,40;

2. для перекрестка (или площади) трех улиц при секущем перекресток движений, независимо от числа полос движения Q=0,20;

3. для перекрестка любого числа улиц при круговом регулируемом движении:

   - при одной полосе движения Q=0,70;
   - при двух полосах движения Q=0,40;
   - при трех полосах движения Q=0,30.

Напомним еще раз, что приведенные коэффициенты задержек на перекрестках исходят из безусловного соблюдения требования безопасности движения и безопасности пешеходов.

40. Максимум пропускной способности.

Весьма распространено суждение, что разрешенная скорость движения по улицам должна соответствовать максимальной пропускной способности улицы. Действительно, выражение (95) имеет максимум. Простейший подсчет дает следующее выражение для скорости движения, отвечающей максимальной пропускной способности улицы.

В этом легко убедиться по (93,94,95). Действительно,

$$N = \frac{3600V}{Д} = 3600\frac{V}{\frac{V^2}{2gk} + TV + l}.$$

Приравнивая $\frac{dN}{dV} = 0$, находим

$$V_{max} = \sqrt{2glk} \text{ м/сек.}$$

Или, полагая g=9,81 м/сек^2, l=4 м и переходя к км/час, находим формулу, данную в тексте.

$$V_{max} = 32\sqrt{k} = 32\sqrt{\mu + f \pm i} \text{ км/час.} \tag{108}$$

Рассмотрение этой формулы показывает, однако, если бы была поставлена задача достижения максимума пропускной способности улицы, то это привело бы к практически несостоятельным скоростям движения. Так, как при k=0,12, $V_{max} = 11$ км/час; при k=0,20 $V_{max} = 14$ км/час; k=0,30, $V_{max} = 17,5$ км/час во всех случаях при бесперебойном движении. Перекрестки еще более уменьшают средние скорости и делают их неприемлемыми вовсе. Поэтому разрешенные скорости движения должны основываться не на пропускной способности улиц, а на приемлемых по бытовым условиям скоростях и безопасности движения. При той организации движения на перекрестках, которая выше рассмотрена, нет оснований к установлению сниженных разрешенных скоростей, как это обычно делается, 25-30 км/час, что уже сильно снижает транспортное значение автомобиля. Вот почему при расчете уличной сети города правильнее исходить из более высоких разрешенных скоростей движения порядка 40 км/час, что дает при правильной планировке средние скорости 30 км/час.

Данные этого рода еще раз показывают, сколь тесна связь между городским транспортом и планировкой: скорость движения по городу теснейшим образом зависит от плотности уличной сети. Если с этим сопоставить подробно разобранную выше связь между расселением и скоростями сообщения, а отсюда и с композицией городского плана, то эта связь транспорта и планировки, являющаяся центральной идей настоящего исследования, становится особо наглядно ощутимой.

41. Линейная и квадратичная плотность магистралей.

Обратимся теперь вновь к условию гарантии скорости (103)

$$VpT \leq 1200 \tag{103}$$

причем по (105):

$$15 \leq T \leq 25 \text{ сек.}$$

И так как разрешенная скорость автомобилей должна быть порядка 40-50 км/час, то

$$24 \leq pT \leq 30\ , \tag{109}$$

что в сочетании со (105) дает

$$0,95 \leq p \leq 2\ . \tag{110}$$

Или, за округлением, по соображениям гарантии скорости, частота прокладки магистралей должна быть заключена в пределах от 1 на 2 на километр сечения города. В иной форме, то же правило будет линейная плотность сети магистралей, по соображениям гарантии скорости, должна быть заключена в пределах между 2 и 4 км на $км^2$ территории:

$$2 \leq l \leq 4 \text{ км/км}^2. \tag{111}$$

Так как ширина магистралей обычно порядка 50 м, то по (111) легко указать и квадратичную плотность магистралей:

$$0,10 \leq p \leq 0,20 \text{ км}^2/\text{км}^2. \tag{112}$$

что в другой форме

$$10 \le p \le 20\%. \tag{113}$$

42. Размеры микрорайона.

Так как микрорайон в его современном понимании является территорией, со всех сторон ограниченной магистралями, то только что установленные нормативы позволяют установить и размеры микрорайона.

По транспортным соображениям, размер жилого микрорайона должен быть заключен в пределах от 25 до 100 га:

$$25 \le S \le 100 \text{ га}. \tag{114}$$

Обычно, при описании организации микрорайонов, его размеры обосновываются пешеходной доступностью всех элементов организации микрорайона. Укажем, в пояснение полученного норматива, что среднее расстояние в таком микрорайоне (по 52) будет от 290 до 580 м, а среднее расстояние до остановки городского транспорта (по 66 и 111) будет от 1/4 до 1/8, на преодоление чего пешком требуется от 2 до 4 минут. В микрорайонах таких размеров поэтому совершенно необязательно устройство проездов, гарантирующих сколько-нибудь значительные автомобильные

Скорости. Напротив, по соображениям безопасности, эти скорости не должны существенно превышать пешеходные. И это, как видно, не несет с собою существенных потерь времени.

43. Среднегодовой пассажиропоток

Установление норм плотности сети магистралей нами произведено выше, исходя из соображений гарантии скоростей передвижения в городе. Но априори вполне возможно, что слишком разряженная для этого сеть магистралей не будет в состоянии вместить в себя весь объем движения в городе, в особенности, в часы максимума и в местах концентрации движения. Нам предстоит поэтому, рассмотреть теперь вопрос с этой стороны. Начнем с определения среднегодового пассажиропотока, т.е. среднего количества пассажиров, проезжающих в единицу времени через какое-либо сечение магистрали. Легко убедиться, что этот пассажиропоток, который мы условимся обозначить буквой П с индексом «г» - годовой в обоих направлениях, «с» - суточный в обоих направлениях, «max» - в часы максимума в одном направлении, выражается следующим образом:

пусть N – число жителей города площади F км^2 и n – число поездок, совершаемых жителем в год. Число перевезенных в городе за год пассажиров P будет:

$$P = n*N \quad \text{пасс/год} \tag{117}$$

Работа транспорта, при средней дальности поездки L_m км. будет

$$R = \rho * L_m = n * L_m * N \quad \text{пасс/км/год} \tag{118}$$

При средней плотности сети транспорта l км/км^2, длина сети транспорта Z будет

$$Z = l * F \quad \text{км.} \tag{119}$$

Поэтому искомый годовой поток пассажиров $П_г$ будет:

$$П_г = \frac{R}{Z} = \frac{PL_m}{Fl} = \frac{nL_m N}{Fl} = 100\frac{nL_m\delta}{l} \tag{120}$$

что и дано в тексте.

$$П_2 = 100 * \frac{n * \alpha_m \cdot \partial}{l} \tag{115}$$

Очевидно, что

$$П_с = \frac{П_г}{365} \quad \text{и} \quad N_{max} = M\frac{П_г}{365} \quad \text{пасс/час.макс.} \tag{116}$$

где М – доля пассажиров, падающая на час максимума в одном направлении от суточного пассажиропотока в обоих направлениях. В этих формулах n – число поездок на жителя в год , L_m – средняя дальность поездки, δ - плотность заселения города брутто в чел/га, причем эта плотность относится к территории, обслуживаемой транспортом, разумеется, не считая вылетных линий, l – плотность транспортной сети в км/км^2. Произведем подсчет среднегодового пассажиропотока в большом городе, полагая n =400, L_m = 4 км, δ = 100 чел.га, l - 2 км/км^2.

$$П_2 = 100\frac{400 * 4 * 100}{2} = 8000000 \quad \text{пасс/год (оба направления)}$$

Отсюда суточный пассажиропоток

$$П_с = \frac{8000000}{365} = 22000 \quad \text{пасс/сутки (оба направления)}$$

Так как часовой максимум в одном направлении М составляет, как мы видим (см. 90,92 и послед.), в нормальных условиях организации движения, 10% от суточного пассажиропотока в обоих направлениях, то

$$П_{мах} = 2200 \quad \text{пасс/час.}$$

Даже предлагая, что все пассажиры передвигаются в автомашинах, при 1,5 обычно пассажирах на машину, имеем поток машин около 1500 в час. При равномерной скорости в 50 км/час и при неблагоприятных условиях – мокрая асфальтовая мостовая (к=0,16) – пропускная способность одной полосы движения (черт 46) – 650 маш/час без задержек, а с потерей 25%, соответствующей принятой частоте магистралей, - 500 маш/час. Три полосы движения на магистралях вполне вмешают весь поток движения. Но в крупном г7ороде автомобиль принимает на себя на более 40% всего движения. Поэтому с избытком достаточно двух полос движения в каждом направлении. В городах с внеуличным достаточно разветвленным транспортом, где на долю автомобиля падает не больше 25% всего движения, достаточно одной полосы автомобильного движения в каждом направлении.

44. Местные концентрации пассажиропотоков

Процент часового максимума учитывает отклонения от среднего пассажиропотока во времени. Однако, с точки зрения планировки, не менее важно уметь учитывать местные максимально возможные отклонения от среднего пассажиропотока, происходящее от концентрации движения по направлению к какому-либо центру тяготения. Здесь может быть несколько случаев.

Уникальные стечения пассажиров, например 100000 посетителей парка культуры в Москве в ночь карнавала или физкультурный парад на стадионе «Динамо» в Москве. Они требуют перестройки всего городского движения на соответственное время, что и имеет место в действительности. Разумеется, таким исключительным обстоятельством нельзя подчинять планировку города. Да этого и не нужно. Однако, наряду с такими уникальными случаями концентрации движения, в городе имеют место регулярные случаи концентрации движения. И с ними планировка уже обязана считаться в полной мере.

Одним из наиболее обыденных случаев такой концентрации является концентрации трудовых потоков по мере приближения к местам приложения труда большого числа трудящихся. Исходя из развитой выше теории трудового тяготения, легче показать, что концентрация потока движения в этом случае оказывается у мест приложения труда тройной против среднего потока. Распределение трудового потока по дальности выражается, как мы знаем, законом:

$$\Delta \Pi = \frac{1}{R} \ln \frac{R}{r} \Delta r$$

Так как $\int_0^R \frac{1}{R} \ln \frac{R}{r} dr = 1$, то средний поток П = 1/R и, полагая Δr =1 км, найдем такое выражение для потока на одном километре пути со средней дальностью от центра тяготения r:

$$\Pi = \overline{\Pi} \ln \frac{R}{r} \tag{122}$$

Для ближайшего к центру тяготения км r = 0,5, т.е.

$$\Pi_{max} = \overline{\Pi} \ln 2R$$

Или, переходя к десятичным логарифмам

$$\Pi_{max} = \overline{\Pi} 2{,}3 \lg 2R \tag{123}$$

что при обычной предельной дальности R=12 км и даст

$$\Pi_{max} = 3\overline{\Pi}$$

Формула (123) показывает, однако, что при увеличении предельной дальности расселения (что может иметь место, в частности, при увеличении скорости сообщения) – отношение максимального трудового потока к среднему возрастает. При скорости сообщения25 км/час (автомобиль, метро) $\Pi = 4\overline{\Pi}$, - обстоятельство, которое проектировщики сети магистралей и транспорта не должны упускать из вида. Так как правило культурно-бытового тяготения то же, что и трудового тяготения, отличаясь от него только иной предельной дальностью, то сделанные только что выводы относятся и к культурно-бытовым поездкам, а следовательно, имеют место во всех случаях когда движение направлено к какому-либо центру тяготения. Для многих магистралей города, однако, никаких особых центров тяготения нет, но они являются простыми агломераторами стекающегося к ним движения. В таких случаях концентрация потока у конца магистрали в 2 раза больше среднего потока.

Пусть поток на внешнем конце магистрали П. Тогда поток на расстоянии r от периферии города можно представить так:

$$П = П_o + ar$$

Найдем среднее значение

$$\overline{П} = \frac{1}{R}\int_0^R (П_o + ar)dr = П_o + \frac{aR}{2}$$

т.е. $a = \frac{2(П - П_o)}{R}$: После этого

$$П = П_o + \frac{2(П - П_o)}{R} r \qquad (124)$$

и при r=R имеем

$$П_{max} = 2П - П_o \qquad (125)$$

что при П = 0 и даст (126)

$$П_{мax} = 2\overline{П} \qquad (126)$$

Возвращаясь теперь к расчетам вместимости уличной сети плотности l=2 км/км^2 , мы должны считаться с возможностью того что в некоторых местах сети поток составит не 600 маш./час при 40% охвате движения автомобилем, а 1200 маш./час и иногда 1800 маш./час. Мы видим, что и в этих случаях движение укладывается в 3 и 4 полосы движения, а с некоторым уменьшением разрешенной скорости на таких участках (до 35 км/час) – в 2 и 3 полосы движения.

Во всех рассмотренных случаях мы имели дело с, так сказать, естественной концентрацией движения, вытекающей из его целеустремленности. Но необдуманной, формалистической планировкой можно создать такие концентрации движения, с которыми справиться нельзя и которые создадут заторы и крайнее снижение скорости сообщения. Достаточно в только что рассмотренном случае планировочно слить три магистрали в одну в форме вилки, так что в слитной их части поток будет составлять 5400 маш./час, чтобы создать такую пробку. Именно этот случай имеет место в распространенном примере планировки, когда потоки нескольких улиц на некоторое время сливаются на площади кругового движения. Пропускная способность таких площадей, как показывает опыт, не больше 3600 маш./час. Следовательно, такие площади кругового движения являются вентилем, закрывающим движение в городе, и могут применяться крайне осмотрительно и только после тщательного расчета потоков движения, которые они признаны обслуживать.

45. Зависимость потоков движения от величины города.

Выразим максимальный пассажиропоток в одном направлении по (115,116 и 123) в одной формуле. Обозначив через К – коэффициент местной концентрации пассажиропотока (мы знаем, что нормально К = 2-3), через а – долю охвата движения автомобилем (а – от 0,25 до 0,90).

Тогда, сохраняя все остальные обозначения, получим:

$$П_{мах} = M\frac{n\alpha_м\delta}{5{,}5l}ka$$ маш./час. (127)

Полагая процент часового максимума М = 0,10 и К = 3, найдем также

$$П_{мах} = 0{,}055\frac{n\alpha_м\delta}{l}a$$ маш./час (128)

Здесь n – число поездок на жителя в год, $\alpha_м$ – средняя длина поездки в км, l – плотность сети магистралей в км/км^2, δ - плотность заселения брутто в чел/га и а – охват движения автомобилем в долях единицы. Как мы знаем, n, $\alpha_м$, а непосредственно зависят от величины города. Рассмотрим сначала случай малого города (n= 200 ½ чел.год, , $\alpha_м$=2км, δ = 50 чел/га, l = 4 км/км^2, а = 0,9). По (128) получим:

$П_{мах}$ = 1760 маш./час.

Как видим, пассажиропоток большого города в 7 раз больше пассажиропотока малого города. При n=550 поезд/жит.год, что имеет место в очень больших городах, и при отсутствии внеуличного транспорта, поток составил бы 2400 маш./час, - поток, с которым уже очень трудно справиться. При наличии метро, он был бы 1500 маш./час.

Подсчеты эти убедительно показывают, что, если планировка небольших городов может быть довольно свободной от обязательств, налагаемых транспортом, то планировка сравнительно крупных городов так тесно переплетена с городским транспортом, что, в сущности, представляет собою в существенных инженерных частях одну и ту же задачу. Во всяком случае, не говоря уже о расселении, плотность заселения и плотность сети магистралей не могут в крупных городах выбираться произвольно. Планировщик обязан помнить, что в таких городах движение будет находиться в пределе возможного напряжения и что неправильной планировкой остановить это движение вовсе, создать заторы, снизить скорости сообщения в городе, создать необходимость дорогого внеуличного транспорта – чрезвычайно просто.

Поэтому проектирование сети магистралей в городе с населением порядка 500 тыс. жителей и более представляет собою ответственную техническую задачу, так называемой «прорисовкой» плана – является недопустимым легкомыслием.

Некоторые планировочные приемы, которые могут свободно употребляться в малом городе, является запрещенными по транспортным соображениям в большом городе. К числу таких примеров относится пересечение в одном пункте более чем двух улиц, площади с круговым движением, всякого рода фокальные приемы планировки, сводящие к одной точке движение с больших территорий. Даже простые спуски, обладающие меньшей пропускной способностью, нежели горизонтальные части улиц, мог7ут нарушить нормальный транспортный режим большого города. Сеть магистралей большого города, помимо ее архитектурного значения, представляет собою ответственное техническое сооружение не только в части ее строительного осуществления, но и ее рисунка.

46. Скорость и прозрачная способность массового транспорта

Определение пропускной способности улиц в отношении экипажей массового транспорта не может производиться тем же путем, что и для автомобилей. Возможная пропускная способность улиц в отношении экипажей массового транспорта, если не учитывать режим движения на перекрестках во всех его деталях, значительно больше целесообразной. Действительно, вполне комфортное наполнение двух четырехосных трамвайных вагона совместной длиною в 27 м – 150 пассажиров. Так как ускорение при начале движения трамвая – 0,6 м/сек^2 , а при торможении 0,9 м/сек^2 , то тормозной путь, при времени приведения в действие тормозов вместе с продолжительностью реакции водителя в 2 сек., составит, при скорости на перегоне до 40 км/час, около 77 м, а, следовательно, допустимый интервал между трамвайными поездами около 100 м.

При таком интервале улица может пропустить

$$n = 0.75\frac{3600V}{D} = 0,75\frac{3600*11}{100} = 295$$ проездов/час

что в переводе на пассажиров даст свыше 40000 пассажиров в час. Такая пропускная способность могла бы иметь место лишь при движении без остановок для впуска и выпуска пассажиров и приводила бы к недостимому нарушению режима перекрестков, так как за время запрещения движения в 30 сек к перекрестку подходило бы 3 поезда и у перекрестка скапливалось бы от 3 до 4 поездов общей длиной от 80 до 100 метров. Такое расстягивание перекрествка совершенно недопустимо, прежде всего, в интересах пассажиров, почему интервал между поездами не должен быть меньше времени запрещения движения на перекрестках. Это заставляет интервал между поездками считать не в 100, а в 300 метров (поезд подходит к перекрестку за 30 сек.), что дает 120 поездов/час.

Наконец, пропускную способность улиц для экипажей общественного транспорта лимитируют остановки для посадки и высадки пассажиров. Если скорость экипажа V км/час и продолжительность остановки t секунд, то интервал между экипажами должен быть не менее tсек., во время или $D = \frac{V}{3,6}t$ метров. Отсюда число экипажей, проходящих за час через данное сечение улицы

$$N = \frac{1000V}{D} = \frac{3600}{t} \quad \text{экип/час} \tag{129}$$

Чрезвычайно существенно, что пропускная способность улиц в отношении экипажей общественного пользования не зависит от скорости и всецело определяется средней продолжительностью остановки. Детальный анализ этого процесса, произведенный Зильберталем, к которому нечего прибавить, показал, что время остановки трамвая колеблется от 27 до 41 секунды в зависимости от состава трамвайного поезда; для автобуса и троллейбуса от 24 до 30 секунд[1]. Таким образом, по лимиту остановок улица может пропустить от 88 до 134 поездов трамвая.

Таким образом, режим остановок и режим перекрестков спорят между собой и в проекте городского движения должны быть согласованы между собой в том смысле, что интервал между трамвайными поездами должен быть не меньше продолжительности запрета движения на перекрестке.

Совершенно аналогично, исходя из режима перекрестков, может быть установлена провозная способность автобусов и троллейбусов. В этих случаях приходится считаться с такими нормативами, более или менее типичными:

Автобус – длина 7,5м, вместимость – 30 чел;

Троллейбус – длина 11,0 м, вместимость – 40 чел.

В обоих случаях ускорение при начале движения 0,9 м/сек^2 и при торможении 1,2 м/сек^2 . Допуская единовременное пребывание у перекрестка двух машин (в виду их сравнительно небольшой длины) и ориентируясь на допустимую скорость на перегонах до 40 км/час, находим интервал между машинами

30/2*11=165 м, что дает пропускную способность

$$n_2 = 0{,}75\frac{11*3600}{165} = 180 \text{ маш/час.} \qquad (129)$$

режим остановок по (129) дает от 120 до 150 маш/час.

Ориентироваться приходится на меньшие числа.

Во всем дальнейшем мы принимаем следующие данные с пропускной способностью улиц для разного вида транспорта, заимствованные нами у Зильберталя, который получил их в результате чрезвычайно тщательного анализа всех условий движения массового транспорта:

Вид транспорта		Число пассажиров в час в одном направлении		Число единиц (машин, поедов) в час в одном направлении	
		нормально	предельно	нормально	предельно
Автобус, троллейбус малой скорости		3600	6000	120	180
То же большей скорости		6000	9900	100	150
Трамвай при длине поезда	10м	6500	16000	100	150
	15м	8000	19500	85	125
	20м	10500	24000	80	115
	30м	15000	33000	75	105
	40м	18500	41000	70	100
Метро при длине поезда	50м	16000	29000	43	48
	70м	26000	38000	41	46
	100м	29000	51000	39	43
	150м	41000	72000	36	40
	200м	51000	91000	34	38

Разумеется, расчет следует вести на нормальную пропускную способность отдельных видов транспорта, прилагая ее к периоду пика в движении. Это соответствует вполне комфортным нормам движения. Нет никаких оснований, при проектировании магистралей города, поступать иначе, проектировать магистрали реже, чем через 1 км, невозможно по бытовым условиям. В старых городах они гораздо чаще. Кроме того, магистрали – это конструктивные и чрезвычайно инертные элементы города: прокладка новой магистрали по существующей застройке – практически невозможно, во всяком случае, такие примеры в истории градостроительства уникальны. Это надо иметь в виду проектировщику города и никогда не упускать из вида. Этого не следует упускать из вида в двух направлениях: во-первых, отстроенная сегодня магистраль будет существовать сотни лет и, во всяком случае, не может просуществовать менее срока амортизации обстраивающих ее зданий (т. е. для жилых зданий не менее 50 лет) ; во-вторых ,магистрали запроектированные сегодня на перспективу развития города в течение 15-20 лет, не должны требовать перестройки в течение последующей части их амортизационного срока , когда проектируемый город может значительно вырасти и по населению и по территории. Не следует, поэтому подчиняться соблазну свободной от транспортных обязательств планировки небольших городов. Это не может быть оправдано, если ограниченное развитие проектируемого населенного пункта не заложено в самой его экономической природе. Поэтому гораздо законнее, с транспортной точки зрения, рассматривать небольшой город, как город растущий, и не препятствовать планировкой, неприменимой в большом городе, его дальнейшему росту.

Рассмотрим теперь еще раз зависимости, определяющие максимальный поток пассажиров(115,116,123);

$$\Pi_{\max} = 0{,}275 M \frac{n \alpha_m \delta}{l} k$$

пасс/час (130)

В большинстве случаев можно положить М=0,1 и К=3. Тогда имеем также

$$\Pi_{\max} = 0{,}082 \frac{n \alpha_m \delta}{l}$$ пасс/час (131)

В большом городе / где n=550 поезд/жит./год, $\alpha = 4км$, $\delta = 100$ чел/га и $l = 2км/км^2$ /

Мы получим $\Pi_{\max} = 9000$ пасс/час

Мы видим, что все это движение находится в пределах возможностей автобуса и троллейбуса и , тем более, трамвая. Ничто не мешает сделать автобусное движение в 2 колеи, в таком случае надобность в трамвае, как более мощном средстве сообщения, вообще может не встретиться. При частом, очевидно; случае, плотность магистралей большого города $l = 4км/км^2$ а не 2, как мы только что считали, плотность пассажиропотока упадет в 2 раза и тогда достаточно частное автобусное движение (100 км/час) справиться полностью с движением в период пика, не выходя из норм комфортного движения.

Автобусное движение (так же, как и троллейбусное), помимо комфортности, имеет еще некоторое преимущество скорости: эксплуатационная скорость автобуса пи троллейбуса, при расстоянии между магистралями в 1000 м, порядка – 20 км/час. При этом в городе имеют место скорости сообщения (с учетом подхода к линиям транспорта) такого порядка, что средняя дальность поездки в 4 км преодолевается за ¼ часа, расстояние в 10 км – за ½ часа. Такая организация городского транспорта должна быть признана вполне здоровой. Как же возникает, или может возникнуть в этих условиях потребность в быстроходном внеуличном транспорте? Следует различать здесь два случая.

Прежде всего, мы уже знаем, что беспорядочной, необдуманной планировкой можно искусственно, без нужды, создать такие потоки движения, с которыми городской наземный транспорт справиться не может. Но во многих странах, стихийно сложившихся городах, меньше всего было забот о транспорте. И нет ничего удивительного, что только внеуличным транспортом и можно распутать исторически сложившуюся путаницу магистралей.

Как показывает приведенная выше таблица Зильберталя, провозная способность улиц, вооруженных трамваем, чрезвычайно высока: трамвай в состоянии перевезти до 40000 пассажиров в час в одном направлении. Потребность в обслуживании таких потоков движения может возникнуть редко. Следовательно, дело не в улицах, а в их узлах, т.е. пересечениях улиц, в особенности в площадях, где сходится несколько улиц. Здесь лежит корень зла старых городов. К устранению таких пересечений, к устройству обходов площадей, где сходится несколько магистралей, должна стремиться транспортная реконструкция больших городов старой застройки.

Тем не менее, не следует думать, что в очень большом городе новой планировки не может возникнуть потребность во внеуличном транспорте. Это наверное не так. Даже в небольших сравнительно городах имеется потребность в связи с пригородными населенными местами. Тем более, должна иметь место потребность в такой связи отдаленными районами очень большого города. Она не менее, а более закономерна, нежели связь с пригородами. Эта связь должна быть не менее быстроходной, нежели обычная железнодорожная связь города с его пригородной зоной. В городе этого возможно достигнуть только с помощью внеуличного транспорта. Но как только эта потребность удовлетворена, городские линии быстроходного транспорта немедленно примут на себя пассажиропотоки параллельных ему линий обычного городского транспорта. Эти пассажиропотоки будут в несколько раз больше вследствие меньшей плотности внеуличной сети транспорта, а в скоре внеуличный быстроходный транспорт начнет по направлению своих линий управлять и соответственной частью расселения, после чего он станет уже, так сказать, органически слитым с городом и потребность в нем станет ощутимой и явной. Про внеуличный городской транспорт можно сказать, что он не так уж нужен, пока его нет, но он необходим, когда он есть.

Нам остается, наконец, обратить внимание на зависимость условий городского транспорта от руководящих уклонов улиц. Зависимость эта сравнительно невелика и зависит от расчетных коэффициентов сцепления. В наихудших условиях (M+f=0,16), как показывают приведенные выше расчетные номограммы, пропускная способность улицы при переходе от горизонтали к 6%-му уклону, падает на 25% (с 860 маш/час до 660 маш/час) в лучших условиях (M+f =0,30) при переходе к тому же 6% уклону, - пропускная способность падает на 10 % (с 1250 маш/час до 1130 маш/час). Таким образом, обычно применяемые в городах уклоны сравнительно мало влияют на пропускную способность улиц и, во всяком случае, не лимитируются их пропускной способностью.

В несколько ином отношении находятся уклоны в скоростях движения. Здесь следует различать автомобильный и электрический транспорт. При тех мощностях автомобильных двигателей, которые теперь применяются, автомобиль может свободно преодалевать те подъемы, которые могут применяться в рактике планировки, при любых допустимых в городе скоростях.

Действительно, если f – коэффициент оцепления, P – вес автомобиля, V – скорость, t –время, *l* – путь, R – работа, i – подъем, A – эффективность мощности, η - коэффициент полезного действия , h- высота подъема на пути *l*, то работа автомобиля

$$R = fPl + Ph = fVtP + PVti = P\cancel{V}(f+i) \quad ; \quad A = \frac{R}{t} = PV(f+i)$$

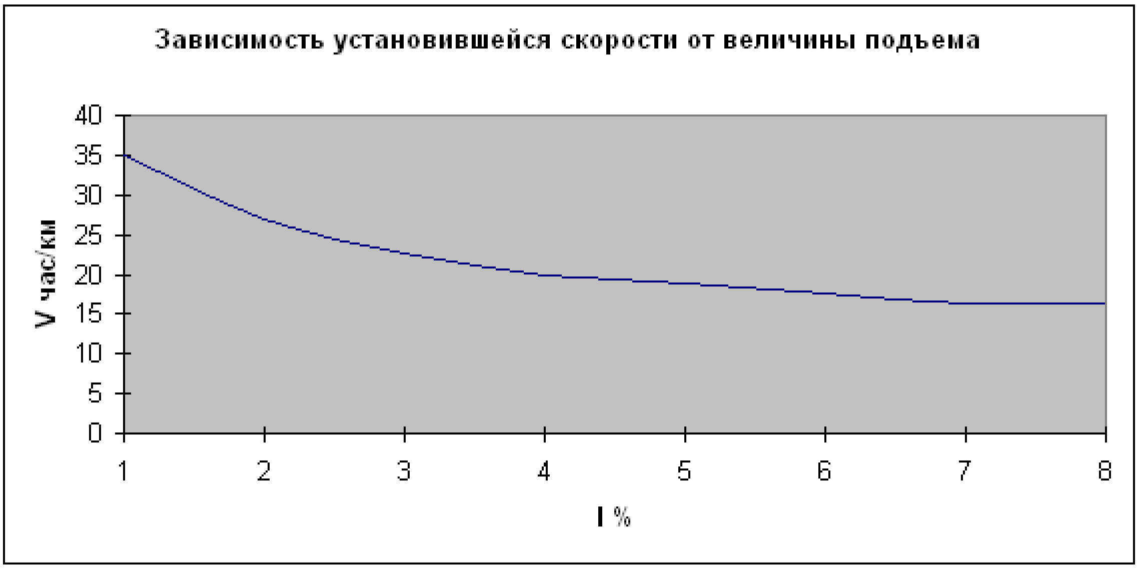
Если A в лошадиных силах (75 кг м/сек.) P – в кг., V – в км/час, то получаем

$$A = \frac{PV}{270\eta}(f+i)$$

так как η = 0,70, P=1200кг, f =0,01,то A=V(0,064+6,4i)

отсюда при I даже = 0,1, т.е. 10%, и V = 40 км/час. A = 28 лош.сил, т.е. в пределах обычных стандартов мощностей автомобиля.

Совершенно иначе относится к подъемам электрический двигатель: скорость движения электрического транспорта быстро падает вместе с ростом подъема. Прилагаемая диаграмма, построенная инж. Соловьевым А.Ф. (Гипрогор), это в наглядной форме показывает.



Трамвай как видим, несовместим со значительными подъемами в городе: уже 4% -ные подъемы снижают скорость движения вдвое.

В заключении, обращаем внимание еще раз, что установленные выше нормы скорости и пропускной способности улиц исходят из непременного условия гарантии безопасности движения, как для транспорта, так и пешеходов. Отступая от условий безопасности движения, допуская скрещение путей механического транспорта и скрещение пешего и механического движения, возможно значительно поднять пропускную способность улиц и средние скорости движения. Но это путь, по которому планировка городов идти не может.

1 «Проблемы городского пассажирского транспорта», 1937 , стр. 137.

47. Поток пешеходов

Потоки пешеходов, на которых совершенно неправильно планировщики городов обычно не обращают никакого внимания, - должны рассчитываться если мы не хотим впасть в ошибки при проектировании поперечных профилей улиц.

Эти ошибки недопустимы, так как они могут повести к увеличению аварийности и несчастных случаев с пешеходами.

Поток пешеходов может быть рассчитан по общей формуле (130):

$$П_{мах} = 0,275M \frac{n\alpha_м \delta}{l} k$$

Здесь n –будет означать число пеших передвижений на жителя в год, $\alpha_м$ – среднюю дальность пешего передвижения в км, δ - плотность заселения брутто в чел/га, l – плотность сети в км/км^2 , k – коэффициент концентрации движения определяемый по (123), М – процент часового максимума движения. Очевидно, что δ, l и М являются показателями, независимыми от рода передвижений; остальные показатели – n, $\alpha_м$ и k – должны быть установлены специально для пешего движения.

Количество пеших передвижений на жителя в год не зависит от размеров города, подобно тому , как это имеет место в отношении поездок – жители большого города живут не более «беспокойно», нежели жители малого города. Жители малого города столь же подвижны, как и жители большого города, они лишь меньше пользуются транспортом, - ввиду меньших расстояний. Выше (40) мы установили соотношение между пешими и транспортными массами большого города

P=2,5T

Это значит, что, если в большом городе число поездок достигает 600 жит/год, то число передвижений составит примерно 1500 жит/год или приблизительно 4 передвижения за день. Таким образом, n в данной выше формуле будет равно n =1500.

Что касается средней дальности пеших передвижений, то таковая составляет 1,13 км, т.е. $\alpha_м$ =1,13 км.

Действительно

$$\alpha_м = \int_0^R \frac{r}{R} \ln \frac{R}{r} dr = \frac{R}{4}$$

примем предельную дальность пешего передвижения R=4,5 км, т.е. $\alpha_м$ = 1,13 км.

Наконец, местный коэффициент концентрации пешего движения определяем по (123)

$$k = \frac{П}{\overline{\overline{П}}} = 2{,}3\lg k = 2{,}2$$

так как R= 4,5 км.

Теперь основная формула максимального потока (полагая как и раньше, M=0,1) дает:

$$П_{мах} = 100\frac{S}{l}$$ пешеходов/час (132)

Для большого города (S= 100 чел/га, l = 2км/км^2)находим:

$П_{мах}$ = 5000 пеш/час.

Нам надлежит теперь определить необходимую для этого ширину тротуаров. Мы принимаем, что комфортная ширина полосы движения пешехода должна составлять 1,5 м. Что касается интервала между пешеходами по ходу, то таковой также должен составлять не менее 1,5 м., т.е. D=1,5 м.

Поэтому интервал между пешеходами во времени составляет $J = \frac{D}{V} = \frac{1{,}5}{1{,}25} = 1{,}2$ сек. Наконец, пропускная способность одной полосы движения пешеходов составляет N = 3600/1,2 = 3000 пешеходов в час.

Итак, N=3600 пеш/час. (133)

Поэтому для пропуска движения пешеходов в час максимума в большом городе необходимо 2 полосы движения или тротуары шириной в 3 метра. Так как нужно рассчитывать, что всегда будет часть пешеходов передвигаться с меньшей нормальной скоростью (старики, пешеходы с маленькими детьми, больные), то как бы то ни было, для них должны быть отведены специальные полосы движения, почему к нормальной ширине тротуара необходимо прибавлять 1,5 м для этой категории пешеходов. Так как меньше одной полосы движения быть не может и, так как движение по тротуару неизбежно происходит в обе стороны, то исчисленная таким образом ширина тротуара в 4,5 м является для магистральной улицы большого города минимальной.

48. Принципиальная сеть магистралей

Задача магистралей – вместить в себя движение города и обеспечить его кратчайшими и удобнейшими связями. Поэтому графики движения, определяющие объем и направленность движения, должны являться и основанием установления той системы построения уличной сети города, которая необходима и достаточна для организации его движения. Правда, совершенно очевидно, что не один объем движения и его направления определяют собою систему магистралей города: система магистралей подчиняется также рельефу, почти всегда существующей застройке и, разумеется, требованиям архитектурной организации города. Как бы то ни было, и считается или не считается планировка фактически с условиями движения, но фактор движения в городе является столь важным, что планировка должна располагать средством ответить на вопрос о степени соответствия планировочного построения уличной мети ее транспортному заданию. Этой цели и служит принципиальная схема магистралей, к методике построения которой теперь и переходим.

Графики движения дают объем и направленность движения, чтобы от них перейти к построению принципиальной сетки магистралей, надлежит, прежде всего, установить ассортимент или набор типовых магистралей с постепенно возрастающей пропускной способностью и разным составом движения. Пользуясь этим набором, определяющим состав движения и пропускную способность магистралей различных классов и зная объем движения и его направленность по графикам, уже легко определить число и направление магистралей города, т.е. решить поставленную задачу.

Так как магистрали города принадлежат к его конструктивным элементам, чрезвычайно инертным, в смысле трудности их реконструкции, то расчет магистралей должен всегда производится на длительные перспективы, что обязывает, в частности, вести расчет и транспортных средств города с учетом их полной комфортности.

Исходя из установленных выше пропускной способности улиц с известной страховкой, принимаем прежде всего следующие расчетные пропускные способности одной полосы движения улицы в час:

Средства транспорта	Число машин или поездов	Число пассажиров на единицу	Провозная способность за час
Автомобиль	360	1,5	500
Автобус	120	30	3600
Троллейбус	120	40	4800
Трамвай	66	180	10000
Метро	30	900	27000

Исходя из особенностей каждого города, эти исходные данные должны быть установлены специально по данным выше правилам.

Принимаем теперь следующие 15 классов магистралей (в час в одном направлении пассажиров):

Виды транспорта	Классы магистралей														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Одна полоса автомобилей	500	-	-	500	-	-	500	-	500	-	500	-	500	-	-
Две полосы автомобилей	-	1000	-	-	1000	-	-	1000	-	1000	-	1000	-	1000	-
Три полосы автомобилей	-	-	1500	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	1500
Автобус	3600	3600	3600	-	-	-	3600	3600	-	-	3600	3600	3600	3600	3600
Троллейбус	-	-	-	4800	4800	4800	4800	4800	-	-	-	-	4800	4800	4800
Трамвай	-	-	-	-	-		-	-	10000	10000	10000	1000	1000	10000	10000
Всего	4100	4600	5100	5300	5800	6300	8900	9400	10500	11000	14100	14600	18900	19400	19900

Метро в этой классификации считается «сверх – магистралью» с пропускной способностью в 25-40 тыс. пассажиров в час.

Главным образом, отдельно считаются и автострады, предназначенные исключительно для автомобильного транспорта. Их пропускная способность – в зависимости от числа полос движения – 1500-2000 пассажиров в час в одном направлении. С точки зрения данной выше классификации, автострады являются магистралями нулевого класса.

Удовлетворить данному объекту движения можно, как видим, многими способами. Так, например, объем движения в 25000 пассажиров в час может быть вмещен в 6магистралей II класса, или в 3 магистрали VII класса, или в одну магистраль XI класса плюс три магистрали 1 класса т т.д. Уже отсюда видно, что построение принципиальной схемы магистралей не является механической задачей, а в известной мере творческим актом. Следует иметь в виду, однако, что видимый произвол пользования набором классов магистралей ограничивается рядом дополнительных условий, а именно:

1. Набор классов магистралей должен отвечать определенному проектному соотношению транспортных средств города;

2. Магистрали должны пересекать селитьбу на расстояниях легкой пешеходной доступности, т.е. быть на расстоянии друг друга не свыше 1 км;

3. Магистрали должны вплотную подходить к крупным площадям тяготения, обслуживания, в частности, входные ворота предприятий и подходя к местам массового отдыха;

4. Сеть магистралей должна быть построена при наименьшем возможном для города коэффициенте непрямолинейности, в пределе – по прямой.

Перечисленным условиям нетрудно дать и некоторые цифровые показатели.

Прежде всего, следует учесть % покрытия объема движения автомобильным транспортом.

Вопрос этот выше подробно разобран. На ответственности надлежащего решения его для планировки каждого города нам не нужно более настаивать – вопрос этот фундаментален. И по разобранным в своем месте основаниям мы придерживаемся необходимости проектировать уличную сеть города, исходя из очень высоких норм автонасыщенности и автопользования. В связи с этим надлежит рассмотреть возможные классы магистралей с точки зрения соотношения транспортных средств отдельных видов.

Это и представлено в следующей таблице:

Виды транспорта	Классы магистралей														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Автомобиль	12%	22%	29%	9%	17%	24%	6%	11%	5%	9%	4%	6%	3%	5%	8%
Автобус	88%	78%	71%	-	-	-	40%	38%	-	-	25%	24%	19%	18%	18%
Троллейбус	-	-	-	91%	83%	76%	54%	51%	-	-	-	-	25%	25%	24%
Трамвай	-	-	-	-	-	-	-	-	95%	91%	71%	70%	53%	52%	50%
Всего %	100	100	100	100	100	100	10-0	100	100	100	100	100	100	100	100
абс.	4100	4600	5100	5300	5800	6300	8900	9400	10500	11000	14100	14600	18900	19400	19900

Автострады и внеуличный транспорт сверхмагистралей являются типом однородного транспорта (100 % авто- или 100 % быстроходного транспорта типа метро).

Так как выбор того или иного вида массового транспорта зависит от двух факторов – суточного потока пассажиров в каждом из рассматриваемых направлений (в пассажирокилометрах на километр пути) и провозной способности различных видов механического транспорта в часы максимума движения, то выбор классов магистралей, а, следовательно, и их числа при планировке города, должен производиться с обеих точек зрения. При этом методологически удобнее строить принципиальную сеть магистралей, исходя из необходимости справиться с движением в час максимума и, удовлетворив этой задаче, проверять полученное решение с точки зрения его экономичности, исходя их суточного объема движения. Решение каждого города будет индивидуальным. Поэтому никаких нормативов соотношения видов массового транспорта дано быть не может. Лишь в целях справки, выше были приведены данные по ряду государств и городов. (§ 31).

В каких направлениях пойдет дальнейший прогресс городского движения – сказать затруднительно. Две тенденции обозначились, однако, совершенно ясно – это огромное развитие автомобильного транспорта и сокращение трамвая. Последний безусловно себя изживает, несмотря на громадную провозную способность и эксплуатационную дешевизну. Загромождение улиц, малая маневренность и шум – делают во многих случаях трамвай уже прошедшим этапом.

Характер построений, которые при этом получаются, можно усмотреть на черт. 49 и 50, где представлены принципиальные сети магистралей по Горькому и Ярославлю.

Построенная таким образом сеть магистралей является концом той цепи умозаключений, которую в состоянии дать количественный анализ требований транспорта. Но большего и не требуется: принципиальная сеть магистралей дает ее идею: эта идея должна получить свое материальное воплощение уже обычными средствами планировки, синтетически оперирующей всеми наличными условиями. Производить построение принципиальной сети улиц в больших деталях на основании графиков для большего числа микрорайонов едва ли стоит, ибо эта задача может решаться уже по частям в процессе проектирования деталей уличной сети.

Теперь понятно и общее следствие, вытекающее из всей изложенной концепции. Только в редких случаях сеть улиц примет правильные геометрические формы без самого явного насилия над интересами движения. Вместе с тем ошибочно и утверждение, что более или менее геометрически правильное построение сети магистралей совершенно исключается.

Так как внутри селитебные потоки движения в обычных условиях перекрывают территорию города довольно равномерно, то геометрическая идея равнодоступности точек плана может получить свое планировочное выражение в какой-либо геометрически правильной сетке. Но так как в такую сетку почти никогда не может уложиться трудовое движение, направленное к крупным площадкам трудового тяготения, то есть магистралей современного промышленного города нормально должна состоять как бы из двух систем, наложенных друг на друга. Одна из этих систем, предназначенная обслуживать внутриселитебные передвижения, строиться по принципу равной взаимодоступности отдельных частей городской территории между собой и поэтому обычно спокойно, равномерно и правильно перекрывает всю территорию; вторая, обслуживающая трудовые связи. Носит резко выраженный фокальный и поэтому секущий и асимметричный характер. Обе системы равноправны между собой, ибо каждая из них предназначена обслуживать равноправные по значению потоки движения совершенно отличного друг от друга строения.

49. Геометрически правильные сетки улиц

Хотя, таким образом, мало вероятно, чтобы удовлетворяющий требованиям городского транспорта городской план приобрел геометрически правильное начертание, тем не менее, известная, а в некоторых случаях значительная, геометричность сетки улиц, предназначенное для культурно-бытовых внутриселитебных связей, вполне возможна. В особенности это может иметь место в отношении отдельных частей городской территории. Вот почему рассмотрение некоторых, преимущественно транспортных, свойств геометрически правильных сеток улиц представляет значительный практический интерес.

К этому нужно добавить: что для приобретения планом города свойств какой геометрически правильной системы улиц, нет необходимости в геометрическим подобии плана города с этой системой. Это подобие может быть сильно искаженным и. тем не менее, достаточным для того. Чтобы свойства соответственной геометрически правильной системы могли быть полностью приложимы к плану города. Именно в этом смысле можно говорить об общим свойствах радиально-кольцевой системы планировки или шахматной системы , несмотря на то, что вычерченных циркулем линейной планов города, во всяком случае, в жизни не существует.

Рассмотрим, прежде всего, простейшие зависимости, которые существуют между элементами города, распланированного по строго радиально-круговой и шахматно-прямолинейной системам магистралей.

Так как радиальные магистрали, по мере приближения к центру, сближаются между собой и так как существует предел максимального расстояния между магистралями, с одной стороны, и допустимый минимум площади микрорайонов отсекаемых магистралями в центральной части города, то очевидно по этим двум пределам возможно определить границы рационально-круговой системы расположения улиц.

Из чертежа непосредственно видно, что

$$r_0 = \frac{a_0}{a} r$$

Максимальное расстояние между магистралями а обычно считают не больше 1000 м; минимальное расстояние a_0 – не более 500 м.

Эти простейшие соображения приводят нас к первому имеющему практический интерес заключению, что по условиям организации транспорта и гарантии скоростей передвижений, радиально-кольцевая система планировки улиц в чистом виде неприемлема к центральной части города, составляющей по диаметру ½ поперечника города и по площади ¼ часть общей площади города. Эта центральная часть, очевидно, должна быть распланирована иначе, например, по шахматно-прямолинейной системе, или получить неселитебное назначение, например под общегородской центр. Заметим, что при более или менее типичной плотности заселения брутто в 100 чел/га, эта центральная часть составит для города населением в 100 тыс. человек 260 га и для города в миллион жителей 2600 га, а диаметры этих центральных частей соответственно около 1,8 км в первом случае и около 5,6 км – во втором, т.е. занимать территорию, пересечь которую пешком нельзя в течение часа.

Как видно, по условиям организации транспорта города применимость радиально-кольцевой системы планировки в ее чистом виде падает с ростом города.

Практически, по рассмотренному композиционному признаку, радиально-кольцевая система в ее геометрически чистом виде может быть применима лишь к небольшим городам с населением не свыше 25 тыс. чел. В тех же пределах обслуживаемого населения она может найти применение и для отдельных районов более крупного города.

Рассмотрим теперь радиально-кольцевую систему планировки с точки зрения плотности уличной сети, т.е. протяжения уличной сети, приходящегося на единицу площади, что в этих целях определяем, прежде всего, число радиальных магистралей $n_г$ и число кольцевых магистралей n_c в зависимости от площади города S и допустимого расстояния a.

Искомая плотность улиц l, т.е. протяженность личной сети на единицу площади будет:

$$\ell = \frac{3}{R} + \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{S}} \approx \frac{3}{\sqrt{a}} + \frac{1.8}{\sqrt{S}} \qquad (138)$$

Действительно, пусть a – максимально допустимое расстояние между магистралями и S – площадь города. Число радиальных магистралей $n_г$ и кольцевых n_c очевидно, будет:

$$n_r = 2\sqrt{\pi}\frac{\sqrt{S}}{a} \approx 3.5\frac{\sqrt{S}}{a}\ ; \quad n_c\ \frac{1}{\sqrt{\pi}}\frac{\sqrt{S}}{a} = 0.6\frac{\sqrt{S}}{a} \qquad (134)$$

Так как длина каждой радиальной магистрали равна радиусу r, а последний связан с площадью города зависимостью $r = \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{\pi}}$, то длина всех радиальных магистралей города $\alpha_г$ равна, по (134)

$$\alpha_r = \frac{2S}{a}$$

Длина кольцевых магистралей α_c находится из прогрессии:

$$\alpha_c = 2\pi(a + 2a + 3a + \ldots n_{ca}) = 2\pi\frac{a+r}{2}n_c$$

или по (134)

$$\alpha_c = \frac{S}{a} + \sqrt{\pi}\sqrt{S} = \frac{S}{a} + 1.8\sqrt{S} \qquad (136)$$

Общая длина α улиц города, распланированного по идеальной радиально-кольцевой системе, будет по (135 и 136).

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_c = \frac{3S}{a} + \sqrt{\pi}\sqrt{\pi} = \frac{3S}{a} + 1.8\sqrt{S} \qquad (137)$$

деля на S, получаем (138).

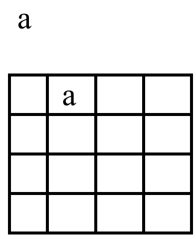
В этой формуле а и S дается в одинаковых изменениях, т.е., если а выражено в км (предельное значение а мы выше принимали в 1 км), то S должно быть выражено в км^2.

Как показывает формула (134), с ростом города плотность уличной сети радиально-кольцевой системы стремится к пределу

$$\lim \ell = \frac{3}{a} \tag{139}$$

Практически уже для города с площадью в 1000 га второй член в формуле (134) составит около 10% первого. При а=1 км; l = 3 км/км^2.

Полученные результаты для радиально-кольцевой системы планировки интересно сравнить с аналогичными величинами для шахматно-прямолинейной системы.



Черт. 52

Для квадрата площади S со стороны $\lambda = \sqrt{S}$ число магистралей $n = 2(\frac{\lambda}{a} + 1) = 2(\frac{\sqrt{S}}{a} + 1)$ и их общая длина

$$\alpha' = \frac{2S}{a} + 2\sqrt{S}$$

Плотность улиц l^1 , будет:

$$\ell' = \frac{2}{a} + \frac{2}{\sqrt{S}} \tag{140}$$

Таким образом, плотность уличной сети шахматно-прямолинейной системы, с ростом города, стремится к пределу.

$$\lim \ell' = \frac{2}{a} \tag{141}$$

Сравнение формул - (134 и 136) приводит к выводу, что плотность уличной сети радиально-кольцевой системы значительно больше плотности уличной сети шахматно-прямолинейной системы:

$$\ell - \ell' = \frac{1}{a} + \frac{0.25}{\sqrt{S}}$$

Второй член этой формулы уже для города, занимающего около 1000 га, составляет лишь 4 % первого члена, а потому с совершенно достаточной можно принять, что

$$\ell - \ell' = \frac{1}{a} \text{ км/км}^2$$

И, следовательно, в метрах на га разность плотностей составит:

$$\ell - \ell' \approx \frac{10.000}{a} \text{ì /ãà}$$

Для интервала между магистралями а=500 м,

$$\ell - \ell' \approx 20 \text{ì /ãà}$$

Этот результат очень значителен. Он доказывает, что потеря на протяженности уличной сети при радиально-кольцевой системе планировки достигает 20 км, на каждые 1000 га площади города. В другой формулировке, та же потеря составляет 50 % протяженности уличной сети при шахматно-прямолинейной системе. Иными словами, переход с шахматно-прямолинейной системе планировки на радиально-кольцевую сопряжен с удлинением уличной сети порядка 50 %.

Так как, как показано выше, применение радиально-кольцевой системы планировки в ее чистом виде мало вероятно, то интересно проверить полученные результаты для того смешанного случая, который выше разобран, т.е. когда центральная часть города на ½ радиуса распланирована по шахматно-прямолинейной системе планировки, периферийная же – по радиально-кольцевой. Полученные формулы позволяют без труда решить эту задачу.

Плотность уличной сети этого случая, очевидно будет меньше определенной для случая радиально-кольцевой системы в ее чистом виде. Обозначая для этого смешанного случая радиально-кольцевой планировки периферии города и шахматно-прямолинейной планировки центра города плотность уличной сети через ℓ'', а часть площади города, которая планируется по шахматной системе через k, найдем для этого случая:

$$\ell'' = \frac{3-k}{a} + \frac{1.3}{\sqrt{S}} \approx \frac{3-k}{a} \qquad (143)$$

при k=1/4, ℓ'' отличается от ℓ для чистой радиально-кольцевой системы менее, чем на 10 %. Поэтому все сделанные выше выводы для радиально-кольцевой системы планировки принципиально верны и для этого смешанного случая.

Определим теперь среднее число передвижений, проходящих через центр города. Это можно сделать, исходя из очевидного соображения, что передвижение из любой точки А (см. черт. 51) по кольцевой магистрали в точку Д является выгодным лишь до тех пор, пока $r+r_0$ длиннее пути АС+СО, т.е. $r-r_0+r_0\varphi$, иначе - $r-r_0>r-r_0+r_0\varphi$; откуда тотчас же: $\varphi<2$, т.е., в пересчете на градусы $\varphi < 115^o$, что составляет почти точно 1/3 круга. Так как при движении от точки А в противоположную сторону справедливо то же правило, то 2/3 всего движения может происходить минуя центр. Через центр проходит, таким образом, ½ всего движения города.

Учитывая, что в центре, по формуле (134), сходится

$$n_r = 3.5\frac{\sqrt{S}}{a} = 3.5\frac{\sqrt{N}}{a\sqrt{\partial}}$$

магистралей, - найдем, что интенсивность движения в одном направлении в центре скрещения радиальных магистралей города выражается зависимостью:

$$0.0033\frac{n\alpha_m\sqrt{SN}}{}$$ пасс/час

Здесь δ в чел/га.

Это следует из (130): $\pi_{max} = \frac{1}{3}0.275M\frac{n\alpha_m\partial}{l}k$; из (139); $l = \frac{3}{a}$ из (134), что дает

$$\pi_c = 0.01M_n\alpha_n k\sqrt{SN}$$ пасс/час

Полагая M=0.1 и k=3, найдем (144).

Транспортная загрузка центра города радиально-кольцевой системы, при прочих равных условиях, возрастает пропорционально корню квадратному из плотности заселения брутто и населения города.

Для небольшого города N=50000 чел., n=200 поездок/год чел., α_m=2 км, δ=100 чел/га имеем

$$\pi_c = 3000$$ пасс/час.

Поток пассажиров большого города, с которым, однако, не представляет трудности справиться даже автобусом, тем более трамваем.

Представим себе теперь сравнительно большой город (N=500000 чел., n=400 поездок/год чел., α_m=4 км, δ=100 чел/га). По той же формуле (144) найдем для центра города

пасс/час.

Поток, с которым чрезвычайно трудно справиться трамваю и подстать справиться только метро.

Примеры эти показывают, как осмотрительно следует пользоваться радиальным принципом планировки.

Для города в 5 миллионов жителей этот центральный поток будет еще в 3 раза больше. Мы видим, следовательно, что радиально-кольцевая система планировки в ее чистом виде неприложима к большим городам.

Ведя расчет по автотранспорту, примем, что охват движения автотранспортом в долях единицы составляет a и среднее наполнение автомашины 1,5 чел. В таком случае, для потока автомашин в центре радиально-кольцевого города имеем по (144):

$$\pi_c' = 0.0022n\alpha_n k\sqrt{\delta N} \text{ маш/час} \tag{145}$$

В большом городе (N=500000 чел) это дает ≈10000 маш/час при охвате автотранспортом 40 % движения. Для пропуска такого количества машин нужно 3 разгрузочных площади. Пропускная способность одной разгружающей площади принимается в 3600 маш/час [1].

Если в геометрически правильной форме радиально-кольцевая система планировки никогда не применяется, то те или иные приближения к ней весьма часто встречаются с движением, то прежде всего в силу того, что в них имеется не один, а несколько центров, разгружающих движение. Совершенно понятно, что так как пропускная способность центра города очевидно пропорциональна количеству с разгружающих движение центров, то для того, чтобы город, распланированный по радиально-кольцевой системе планировке мог справиться с движением, количество разгружающих движение центров города должно удовлетворять неравенству:

$$c \geq 0.6 n \alpha_m \sqrt{\delta N} a 10^{-6} \tag{146}$$

Это выражение имеет значительный практический интерес, так как позволяет непосредственно с помощью установочных величин N, δ, a, всегла известных, а также зависимых от них n и α_m находить потребное городу число площадей, разгружающих движение центральных частей города. Так, если δ=100 ч/га, N=500,000 чел. и n=400 поезд/чел., α_m=4 км и a=0,4, то c=3.

Для 5-6-миллионного города число центральных разгружающих движение площадей должно достигать 8.

Последний пример еще подтверждает ранее сделанный вывод, что по мере роста города, радиально кольцевая система планировки оказывается приложимой лишь при условии все более и более значительного усложнения организации центра города, идущего по линии увеличения его пропускной способности за счет роста количество площадей разгружающих движение. Замена центральной части радиально-кольцевого города иной системой планировки, например, шахматно-прямолинейной – практически решает эту задачу.

Транспортную разгрузку центра можно производить и с помощью дифференциации скоростей сообщения. Обратимся снова к черт. 51 и представим себе, что требуется переехать из точки «А» в точку «Д». Пусть по кольцевым магистралям разрешается скорость V км/час, по радиальным V. Тогда время τ_1, которое нужно затратить на пути ACD будет:

$$\tau_1 = \frac{r - r_0}{V} + \frac{r\varphi}{V}$$

Время же τ_2 на пути AOD будет:

$$\tau_2 = \frac{r + r_0}{V}$$

Поездка не будет совершена через центр, если $\tau_1 < \tau_2$

Т.е. $\dfrac{r - r_0}{V} + \dfrac{r_0\varphi}{V} < \dfrac{r + r_0}{V}$

Откуда тотчас же получаем условие того, что поездки в городе в своей массе будут совершаться, минуя центр, если, конечно, центр не является сам по себе целью поездки:

$$У < 2\, V/V \tag{147}$$

Пока угол У меньше π, т.е.180°, остается какой-то сектор с углом 2π-2У, который соответствует выгоде следования через центр. В этом случае через центр будет следовать часть всего движения.

$$c = 1 - \frac{\acute{O}}{\pi} \quad (148)$$

При У $\geq\pi$ центр перестает вообще быть выгодным при передвижении по городу, что в соединении с (147) показывает, что для транспортной загрузки центра города достаточно обеспечить на кольцевых магистралях скорости сообщения большие нежели н6а радиальных, в отношении, определяемом формулой:

$$V > \pi/2V \quad (149)$$

т.е.

$$V > 1.57V \quad (149)$$

Т.е. приблизительно скорости сообщения должны быть на кольцевых магистралях в 1-1/2 раза больше, нежели на радиальных. Это создает, однако, лишь предпосылку для перевеса роли кольцевых магистралей над радиальными, но не защитит центр от ненужного движения, ибо ничтожный перевес времени при движении по кольцевым магистралям не будет достаточно убедительным. Как мы знаем, выбор скорости, а в данном случае трассы, определяется соотношением трудностей сообщения (§13), а не сравнением абсолютных величин скоростей. Однако, даже условию (149) удовлетворить не так просто – скорость сообщения в центре не может быть низкой. Мы обязаны сделать ее нормальной. Следовательно, если скорость автомобиля на центральных магистралях будет установлена в 30 км/час, на кольцевых магистралях она должна быть 50 км/час. Но такие скорости требуют автострад.

Еще сложнее обстоит дело с общественным, массовым транспортом. В этом случае сравнить по (149) надлежит скорости сообщения, что по (69) приводит к соотношению

$$\frac{v}{v - 4.5 + 405l\alpha} > 1.57\frac{V}{v - 4.5 + 4.5l\alpha} \quad (150)$$

Ведя расчет на среднюю дальность поездки (α=4 км) и нормальную плотность транспортной сети (l=2 км/км^2), по (150) получим:

$$V > \frac{v}{0.64 - 0.0116v} \quad (151)$$

Здесь v иV – эксплуатационные скорости.

Если бы в центре мы пожелали бы обеспечить нормальную скорость массового транспорта – трамвай, автобус, троллейбус, т.е. v=20 км/час, то для действенности обходящей центр кольцевой магистрали необходимо, чтобы эксплуатационная скорость на ней была 49 км/час, что неосуществимо даже с помощью метро (см. черт. 33). Для обычных средств городского массового транспорта эксплуатационная скорость на больше 25 км/час. Но при V=25 км/час по (151) найдем v<12,5 км/час, что отвечает средней скорости сообщения 10 км/час. Это меньше того, что мы имеем сейчас с наших больших городах. Следовательно, это плохой результат, который еще раз заставляет нас прийти к выводу о транспортной несостоятельности радиально-кольцевой системы планировки в ее чистом виде в применении к большим городам. Конечно, когда мы имеем дело с исторически сложившимся городом и очень плохой пропускной способностью его центра, - устройство обходящих центр кольцевых магистралей, обеспечивающих в центре скорости даже в 10 км/час, может оказаться благом. Но это не значит, что к такому «благу» следует стремиться при проектировании городов (что, к сожалению, часто без всяких к тому оснований, имеет место к практике планировки).

Все здесь рассматриваемые соображения, применимы не только к городу в целом, но и к отдельным более или менее замкнутым городским районам, где локальное движение явно превалирует над транзитом. Такими районами часто могут явиться части города, где центром является площадка крупного трудового тяготения, места гуляний и пр. В этих случаях всем величинам, входящим в соответственные формулы, надлежит также придавать локальный смысл.

1 М.С. Фишельсон; «Планировка улиц», 1938 г., стр. 226

50. Коэффициент непрямолинейности магистралей

Вопрос о выборе системы уличной сети должен быть рассмотрен с еще одной, имеющей важнейшие практические последствия, точки зрения, а именно со стороны создаваемой системой магистралей взаимодоступности точек города. Привычка притупляет внимание. А, между тем, планировщику всегда необходимо помнить, что рационально, т.е. в соответствии с потребностями движения. Построенная сеть магистралей дает не только значительную экономию во времени, затрачиваемом на передвижение в городе, но и устраняет вредные перепробеги городского транспорта, могущие при нерационально построенной сети магистралей достигать в целом по городу 35-40 %. Зильберталь вполне справедливо отмечает, что, например, переход от существующей в Ленинграде системы магистралей в шахматно-прямолинейной сетке улиц привел бы к возрастанию эксплуатационных расходов по ленинградскому трамваю приблизительно на 15 миллионов рублей в год[1]. Как видим, вопрос о начертании системы магистралей города ни в коем случае не может быть отнесен в области задач, решаемых лишь на основании архитектурного вкуса планировщика. Построение сети магистралей города в своих весьма существенных чертах является транспортной задачей.

Так как задача городского транспорта – перевозить пассажиров между пунктами взаимного тяготения по кратчайшему пути, то мы и исследуем различные возможные системы построения уличной сети именно с точки зрения даваемого ими приближения к идеальной прямолинейной связи между любыми двумя пунктами городского плана. Соответствующий количественный показатель носит название коэффициента непрямолинейности уличной сети и, как указано выше, является одной из важнейших характеристик рациональности планировочного решения города.

Аналитическое определение коэффициента непрямолинейности для различных геометрически правильных систем планировки представляет собой громоздко решаемую задачу даже для простейших случаев. Мы остановимся поэтому лишь на двух случаях шахматно-прямолинейной и радиально-кольцевой системах планировки и даже по ним дадим лишь приближенное решение, необходимое в теоретически целях. Для нескольких геометрически правильных систем планировки, приводимые ниже коэффициенты непрямолинейности, определены графически.

Коэффициент непрямолинейности для шахматно-прямолинейной системы построения уличной сети (см. черт. 52), очевидно, колеблется между 1 (при связи между кварталами, находящимися на одной прямой магистрали) и отношением сумм катетов к гипотенузе для всех остальных случаев, т.е. максимально $\sqrt{2} = 1.42$. Чем меньше число кварталов, т.е. чем меньше город, тем относительно больше число межквартальных связей будет характеризоваться коэффициентом непрямолинейности, равным 1; для большого города, наоборот, относительному большинству транспортных связей будет свойственен средний коэффициент непрямолинейности, равный 1,32. Для неопределенно большого города, распланированного по шахматной системе, коэффициент непрямолинейности расстояния между точкой (x,y) и началом координат $k = \dfrac{x+y}{\sqrt{x^2+y^2}}$; для точек квадрата со стороной а среднее значение к будет: $\bar{k} = \int_0^a \int_0^a \frac{x+y}{\sqrt{x^2 y^2}} dxdy = 1.32$ в чем легко убедится, выполняя интегрирование.

Сложнее обстоит дело с коэффициентом непрямолинейности для радиально-кольцевой планировки.

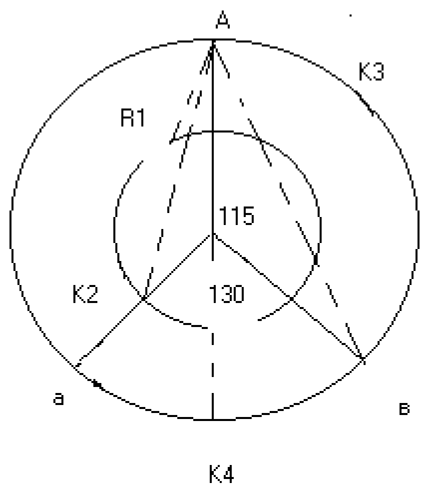


Рис. 53

Коэффициент непрямолинейности связи любой точки такого города меняется в значительных пределах в зависимости от того, с какою другою точкою города эта связь рассматривается.

При передвижениях на близких расстояниях с одной кольцевой магистрали на другую (например, из точки «А» в точку $к_1$) коэффициент непрямолинейности Е значителен и близок к 1,42, т.е. *Е* достигает этого же значения что и на близких расстояниях в городе шахматно-прямолинейной системы планировки. Далее он начинает падать и для предельной точки $к_2$ (когда передвижение по кольцевой магистрали одинаково выгодно с передвижением по двум радиусам) он становится равным, очевидно,

$$E = \frac{r_2 + r_1}{\sqrt{r_2^2 + r_1^2 - 2r_0 r_1 \cos 115^\circ}}$$

Эта величина имеет минимальное значение 1, когда r_1=0 движение происходит по прямой – радиусу и максимум при $r_1=r_2$. В этом случае, как легко убедиться.

$$E=1{,}20.$$

Таким образом, при передвижениях в зоне удобного пользования кольцевыми магистралями.

$$1 \leq E = 1.20$$

При передвижениях по кольцевым магистралям из А в точку $к_3$, или *в* (коэффициент равен отношению дуги к хорде). Обозначая стягивающий дугу угол через α и радиус через r, будем иметь, очевидно, в этом случае

$$E = \frac{r\alpha}{2r\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{\frac{\alpha}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}}$$

Так как передвижение по кольцевой магистрали происходит лишь до тех пор, пока $\alpha<2$, то пределы значения для этого случая передвижений будут

$$1 \le E \le 1.20$$

Наконец, при передвижениях в противолежащие части города, размещенные в секторе в 130° против исходной точки А.

$$E = \frac{2r}{2r\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}}$$

Кратчайшие же значения *E* те же, что и раньше

$$1 \le E \le 1.20$$

Удельный коэффициент непрямолинейности для радиально-кольцевой системы в предложении равновероятной связи районов города между собой, определенный графически, оказывается равным 1,10.

В целом, следует признать, что радиально-кольцевая система планировки, при значительных размерах города, в отношении коэффициента непрямолинейности транспортных связей выгоднее шахматно-прямолинейной системы, но не дает аналогичные ей высокие коэффициенты на близких радиально-кольцевых передвижениях и имеет критические зоны передвижений на угловых расстояниях от каждой точки порядка 115°, где коэффициенты непрямолинейности, независимо от дальности передвижений, достигают высоких значений порядка 1,20.

Для полной характеристики дальности взаимосвязей любой конкретной схемы планировки может быть очевидным графическим приемом определен коэффициент непрямолинейности связи как между отдельными районами города, так и средний коэффициент непрямолинейности. Это и нужно рекомендовать всегда делать.

Для полученных таким образом коэффициентов непрямолинейности фактических коммуникаций в городе можно рекомендовать следующую шкалу оценок:

1,0 - отлично,

1,1 - хорошо,

1,2 - удовлетворительно,

1,3 - неудовлетворительно,

1,4 - очень плохо

Шкала эта основана на том соображении, что с одной стороны, идеальной связью является прямая; связь же с коэффициентом непрямолинейности 1,4, признаваемая «очень плохой», представляет собою связь по двум катетам треугольника вместо его гипотенузы.

В заключении рассмотрим, каким условием должно удовлетворять начертание уличной сети города в тех случаях, когда планировка производится не на плоскости, как до сих пор молчаливо предполагалось, а на реальном и не всегда спокойном рельефе.

Тогда, если получающиеся подъемы улиц значительны, общеизвестен прием пересечения горизонтальной местности осями улиц под более или менее скошенными углами. Тем не менее, в этом приеме есть один принципиальный пункт, на котором следует остановиться. Определим угол этого скоса.

Представим себе именно, что планировка производится на местности, имеющей склон i (см. чертеж). В таком случае, если оси улиц будут проектироваться под прямыми углами к горизонталям Н-М по направлению l, улицы будут иметь тот же подъем i. Если желательно этот подъем смягчить до j, то улице необходимо дать направление l^1, составляющее с горизонталью Н-М угол β, который легко определить. Действительно, из чертежа имеем

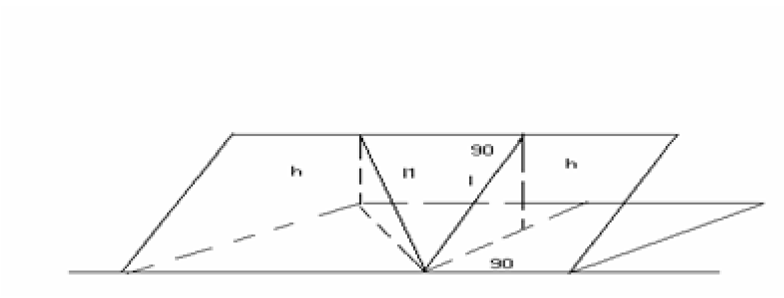


Рис. 54

$$l = \frac{h}{\sin i}; \qquad l^1 = \frac{h}{\sin i}; \qquad \sin \beta = \cos \alpha \frac{l}{l^1}$$ или

$$\sin \beta = \frac{\sin j}{\sin i} \qquad (152)$$

Так, если уклон местности порядка :%, а желательные подъемы улиц принимаются не более 4%, то $\sin \beta \cong 4/6 = 0.666$, откуда β=42°. Если поэтому кварталам придать форму не квадратов или прямоугольников, а ромбов или параллелограммов, то все четыре огибающих квартал улицы будут иметь заданный уклон j. Обращаясь к только что разобранному примеру, получим угол между сторонами квартала 2 β=34°. Угол этот ничтожно мало отличен от угла 90°, во всяком случае, так мало, что это для глаза незаметно вовсе, а полученный транспортный эффект значителен. Вероятно, большинство ленинградцев даже и не подозревают, что Невский проспект и Литейный сходятся между собою не под прямым углом, а под углом в 80°; это заметно только на плане. Впрочем, тот же Ленинград может дать немало образцов великолепно обработанных острых углов схождения улиц.

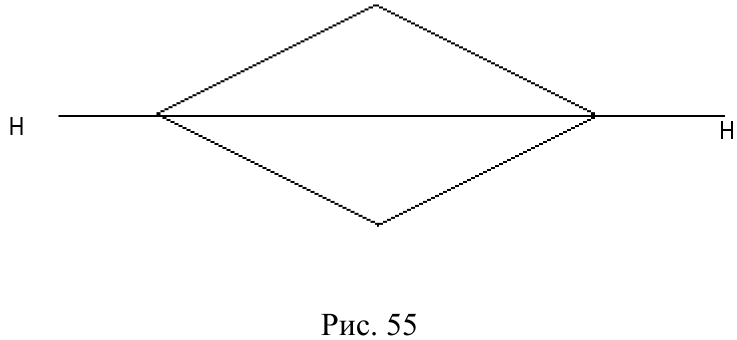


Рис. 55

Если i порядка 10°, то скоп углов квартала до 74° вместо 90° позволит распланировать такой склон с уклонами улиц в 6%. Несмотря, однако, на простоту подобного приема, весьма распространенная, но мало понятная приверженность многих планировщиков прямому углу столь велика, что от прямого угла не делается отступа даже в случае только что разобранном, когда вследствие этого улицы уже теряют транспортное значение (например, ортогональные к проспекту Руставели улицы Тбилиси).

Разобранным примером можно выдержать в плане города любые заданные уклоны улиц даже в очень тяжелых условиях рельефа, построив тем самым особый вид геометрически правильной схемы улиц, который можно назвать изоклинальной системой.

Особое значение изоклинальных систем, с точки зрения транспорта города и в горных местностях, - очевидно. Замети, наконец, что всякая изоклинальная система планировки, если только местность (с поправками, вносимыми в нее вертикальной планировкой) не представляет собою плоскости – является криволинейной системой.

51. Жилые улицы

Тема жилых улиц вне плана настоящей работы. Оно и понятно: на протяжении всего настоящего исследования было показано, что надлежащие скорости сообщения в городе вполне определяются построением сети магистралей и обслуживающего их транспорта. Микрорайон, понимаемый как территория, отсекаемая со всех сторон магистралями, даже при максимальной своей величине порядка 100 га, не требует скоростей передвижения, существенно превышающих скорость передвижения пешехода. Напротив, это даже нежелательно. Выше это подробно показано. Таким образом, жилая улица, улица внутри микрорайона, имеет существенно отличное от магистралей целевое назначение: это разводящая сеть, где скорость движения не играет никакой роли, где не должно быть только заторов. Это важное обстоятельство немедленно освобождает жилые улицы еще от одного необходимого условия для магистралей – прямолинейности или приближения к ней. Коэффициент прямолинейности связи не играет никакой практической роли у жилых улиц. Поэтому криволинейная жилая улица, с точки зрения транспортных ее качеств, никак не отличается от прямолинейной жилой улицы. Чтобы ее четко понять и представить, - воспользуемся «принципом гибкой нити». Пусть эта нить представляет собою жилую улицу. По обе стороны ее с некоторыми интервалами, характеризующими ритм застройки, прикреплены здания, с которыми должна быть установлена связь. Длина этой связи никак не меняется при любо изгибании нити. Поэтому изгиб ее по горизонталям микрорайона, никак не отражаясь на длине связи, является, вместе с тем, важным ее улучшением – уменьшением ее виртуальной длины, считаемой по затрачиваемой работе. И, несомненно, еще существеннее, что прокладка жилых улиц, следуя за горизонталями микрорайона, дает большую экономию на вертикальной планировке жилых улиц. Отсюда возможность прокладки жилых улиц в форме петель, тупиков и следуя любому, сколь угодно причудливому рисунку, закономерность которого подчиняется внетранспортным композиционным условиям. Этой свободы нет на магистралях – там все или почти все подчиняется движению.

Так мы приходим к принципиально важному положению о независимости проектирования сети магистралей и сети жилых улиц, строящихся, исходя из совершенно разных принципов: кратчайшие, по возможности, прямолинейные магистральные связи большой скорости и рассчитанные на тихий ход и пешее движение жилые улицы, исключающие возможность транзита через них и не связанные требованием прямолинейности.

Перейдем теперь к количественным оценкам. Пусть участок жилой улицы длиной Z имеет перекрестки поперечных улиц шириной λ с частотой ρ перекрестков на 1 км. Пусть ритм застройки ρ, т.е., отношение застроенной длины улицы между перекрестками к расстоянию между ними. Тогда длина линии застройки, очевидно равна $2\rho\lambda$ $(1-\rho\lambda)$, т.е.

$$\alpha=2\rho Z(1-\rho\lambda) \tag{153}$$

Но ту же величину можно определить и иначе. Пусть N – число жителей, обслуживаемых жилой улицей, σ - расчетная норма жилой площади, v – объемный коэффициент жилых зданий, обозначая через h – высоту одного этажа, n – число этажей, ширину корпусов через l, найдем, что длина линии застройки по фронту жилой улицы α составит

$$\alpha=\frac{N\sigma v}{nhl} \tag{154}$$

Сравнивая (153 и 154) найдем:

$$\frac{Z}{N}=\frac{\sigma v}{2\rho(1-\rho\lambda)nhl}$$

Остается условиться в единицах измерения. Z/N представляет собою погонное протяжение жилой улицы на одного жителя. Мы будем измерять его в м/жителя σ - в $м^2$/жит. v – отвлеченная величина, ρ - тоже, λ - в м., тоже h и l; n – отвлеченная величина, ρ - число перекресток на 1 км, что на 1 метр составит 0,001 р. Так как λ для жилой улицы не больше 10 м, то ρλ/1000 порядка 3.10.0,001≈0,03, а то и равно нулю. Можно пренебречь этим слагаемым. Тогда окончательно

$$\frac{Z}{N}=\frac{\sigma v}{2\rho nhl} \text{ м/жит.}$$

Таково удельное протяжение жилых улиц на одного жителя. Примем σ=9 $м^2$/жит., v=6, ρ=0,8, h=3,5 м, l=12 м. Тогда

$$\frac{Z}{N}=\frac{0{,}8}{n} \text{ м/жит.}$$

где n – число этажей застройки. Погонное протяжение жилых улиц составит на жителя:

Этажность	Z/N м/жит.
1	0,8
2	0,4
3	0,27
4	0,20

Найдем теперь плотность жилой уличной сети внутри микрорайона. Пусть плотность заселения микрорайона нетто δ чел/га или 100 δ чел/$км^2$. Тогда плотность жилых улиц составит:

$$l^1=0.1\frac{Z}{N}\delta \text{ км/км}^2 \tag{158}$$

что по (156) дает

$$l^1=\frac{0.8}{n}\delta \text{ км/км}^2 \tag{159}$$

Для одноэтажной застройки (n=1) более или менее характерное значение δ = 100 чел/га. Плотность сети составит 8 км/$км^2$.

или в %%:

$$4 \le \sigma \le 8\% \tag{161}$$

территории микрорайона.

Напомним, что квадратичная плотность магистралей (113)

$$10 \le \sigma \le 20\%$$

Таким образом, приблизительно 14-18 % территория селитьбы под улицами всех рангов вполне достижимый баланс транспортных территорий. Он часто, даже в городах новой планировки, составляет 30 % территории селитьбы: ненужное и вредное для транспорта излишество, в особенности, если учесть еще, что за каждые 2 м^2 не очень квалифицированной мостовой можно выстроить 1 м^3 жилого здания.

Плотность жилых улиц порядка 8 км/ м^2 территории, при обычном квартальном принципе разбивки, означает, что на 1 км магистрали придется 4 поперечных жилых улицы на расстоянии 250 м друг от друга. Такая частота перекрестков по (102) снижает пропускную способность магистрали на 52 % и на столь не снижает скорости передвижения. Поэтому первое, что должны сделать городские власти такого города, после его реакции, что вывесить запретительные знаки для движения на всех этих жилых улицах. Вот почему весь этот привычный. трафаретный, освященный временем прием планировки следует признать устаревшим и не отвечающим внешним транспортным требованиям. Связь с микрорайоном, отсекаемым магистралями, должна разрешаться только правым поворотом, организация этой связи желательна только при пересечениях магистралей между собой и, во всяком случае, не чаще одного раза между магистралями, если магистрали проложены не чаще, чем через 1 км. Так достигается относительная транспортная изоляция микрорайона от магистралей, которая должна быть организована не только в целях защиты обитателей микрорайона от опасностей, связанных с городским движением, как это обычно выставляется на первом плане (и что верно), но и в целях обеспечения скоростей передвижения по городу и пропускной способности магистралей. Тот же двойной смысл имеет и запрет всякого транзита через микрорайон. Известны приемы и исключения транзита через микрорайон и средствами планировки, например, с помощью петлеобразных жилых улиц и тупиков.

Рассмотрим, в заключение, частный вопрос о влиянии на длину жилых улиц размера земельных участков, предоставляемых под застройку. При усадебной застройке, применяемой довольно широко в индивидуальном строительстве, вопрос этот имеет большое практическое значение. По понятным соображениям, усадебные участки располагаются всегда короткой стороной l вдоль улицы, длинной d – поперек ее. Пусть ширина жилой улицы λ. Если мы представим себе снова, что эти участки нанизаны по обе стороны гибкой нити, представляющей собою улицу, то ясно, что при линейной или петлеобразной планировке, глубина участка d, при сохранении его ширины по фронту улицы, а, следовательно, и размер участка, никак не влияют на длину жилой улицы, а потому и всех прочих коммуникаций – водопровода, канализации и пр. Размер земельного участка начинает влиять на длину жилых улиц и других коммуникаций лишь при устройстве пересечений, когда появляются дополнительные длины улиц на каждом пересечении длиною $2d+\lambda$. Предположим, что такие поперечные улицы устанавливаются через r м.

Тогда отношение длин улиц с участками размерами l по фронту улицы, при глубине участка α, и участками размеров l^1 и d^1, будет:

$$\frac{\alpha^1}{\alpha} = \frac{l^1}{l} * \frac{r + 2d^1 + \lambda}{r + 2d + \lambda} \tag{162}$$

при $l=l^1$, будет иметь

$$\frac{\alpha^1}{\alpha} = \frac{r + 2d^1 + \lambda}{r + 2d + \lambda} \qquad (163)$$

Общая погонная длина необходимых улиц для размещения N усадеб будет Nl. На эту длину пересечений будет Nl/r, т.е. общая дополнительная длина поперечных улиц будет Nl/r(2d+λ), а длина улиц $\alpha = Nl + \frac{Nl}{r}(2d + \lambda) = Nl(1 + \frac{2d\lambda}{r})$. Для других габаритов участков будем иметь $\alpha^1 = Nl^1(1 + \frac{2d^1\lambda}{r})$. Беря отношение α и α^1, получим формулу данную в тексте.

Рассмотрим пример: первый участок 1500 м^2 на усадьбу размером по улице l^1 = 22 м., в глубину d^1 = 58 м.; второй участок 600 м^2, по улице l=22 м, в глубину d = 27 м. Расстояние между поперечными улицами r=250 м, ширина их λ=20 м. По (163) имеем:

$$\frac{\alpha^1}{\alpha} = \frac{250 + 136 + 20}{250 + 54 + 20} = \frac{406}{324} = 1{,}25$$

т.е. удлинение улицы н6а 25 %. При расстоянии между поперечными улицами в 500 м имели бы удлинение улиц на 14 %. Расчеты эти показывают, что в принципе целесообразной жилой улицы заключена и вторая экономическая выгода (помимо экономии на вертикальной планировке): значительная экономия на длине коммуникации.

52. Построение схемы транспорта

Наиболее характерной и основной особенностью излагаемой концепции является установление неразрывной связи между расселением, композицией плана, построением магистралей города и его внутригородским транспортом. Поэтому отдельные элементы построения городского транспорта неизменно присутствовали при всем протяжении предыдущих рассуждений. Основой выбора правила расселения явилась некая руководящая скорость или скорости сообщения в городе, а отсюда и принятые технические скорости связи. При построении же принципиальной сети магистралей, в соответствии с объемом предстоящего движения, этот объем движения обеспечивался определенным набором магистралей разных классов уже в самом своем определении, заключающих как виды городского транспорта, так и соответствующие каждому из них потоки движения. Таким образом, весь метод рассуждения и построения расчета с самого начала обеспечивает взаимно-однозначное соответствие между планировкой, объемом предстоящего движения, его направленностью и транспортом, тем самым обеспечивая наиболее полное и действительно вытекающее из планировки решение транспорта города, а не решение, наложенное на план из вне.

Остается только графически раскрыть начертание линий транспорта отдельных видов, что, как уже объяснено, заключено в понятии магистрали каждого класса и поэтому может быть сделано механически. Таким образом, самое важное – установление трассы городского транспорта и распределение его по видам транспорта, а также установление объема предстоящего движения по отдельным направлениям – уже сделано. Все остальные элементы расчета – трафаретны и обычны, и не заключат в себе ничего принципиального. Как следует из методики построения принципиальной сети магистралей. Описанной выше, последняя по самой идее построения, удовлетворяет пропуску максимума движения города в каждом из его направлений. Обеспечение этого пропуска является планировочно важнейшей задачей. При этом транспортные средства города в каждом направлении и их отношение уже определены.

Было бы ошибочным, однако, думать, что таким образом непосредственно может быть получено транспортное решение города, с необходимою для проекта планировки точностью. Действительно, прежде всего, реальное планировочное решение сети магистралей всегда отличается от ее принципиального прообраза; во-вторых, если бы даже этого не было, принципиальная сеть магистралей, а за нею и реальная проектная сеть, всегда строятся с известным запасом и на максимальной развитие транспортных средств города. Поэтому все описанные выше построения дают решение лишь общей идей городского транспорта, развитие которой по стадии технической схемы транспорта еще должно быть сделано. Правда, синтез этой идеи, вытекающий из всей излагаемой концепции, является основной задачей схемы городского транспорта. И то обстоятельство, что в излагаемой методике эта идея городского транспорта, органически связанного с композицией плана, планировкой улиц потоками движения, возглавляет все последующее проектирование, - чрезвычайно выгодно отличает ее от того механического и искусственного наложения сети транспорта на вне связи с ним построенный план города, которое все еще часто выдается за проектирование городского транспорта.

Все то, что планировка в излагаемой концепции предлагает приступающему к составлению схемы городского транспорта, может быть формулировано следующим образом:

1. Даны наложенные на план города потоки движения как между крупными площадками трудового тяготения и отдельными микрорайонами города, так и потоки культурно-бытового движения внутри селитьбы между отдельными ее микрорайонами.

Потоки эти имеют двоякую интерпретацию: число пассажиро-километров на километр пути в оба направления за сутки ($П_с$) и число пассажиров в час максимума движения в одном направлении (Пmax).

2. По каждому из изображаемых трафиком движения направлений выбрана руководящая скорость сообщения и эксплуатационные скорости городского транспорта.

3. Композиция городской территории в посильное соответствие с нормальным расселение, отвечающим выбранным скоростям сообщения в городе, причем соотношение проектного расселения с нормативным представлено соответствующим графиком.

4. Направление, количество и поперечный профиль магистралей города, а также частота перекрестков, выбраны и построены в плане города таким образом, что – придерживаясь в каждом из направлений приблизительно определенного соотношения транспортных средств – магистрали города в состоянии пропустить через себя все движение города в час его максимума с принятыми проектными скоростями.

5. В частности, является установленным, как общее наличие индивидуального автомобильного транспорта в городе, так и количество такси и машин частного пользования, а также общий % пассажиров, перевозимых в городе индивидуальным автотранспортом.

6. В частности (в связи с п. 44-м) и в крупных городах, в подлежащих случаях, является принятой и быстроходная внеуличная сеть, в отношении которой является установленными – тип быстроходной связи, со скоростью, направления связи и обслуживаемые ею потоки ($П_с$ и $П_{max}$).

7. По каждому из принятых видов городского транспорта даны кривые распределения пассажиров по дальности поездки, а также средние дальности поездки (α_m).

При таком составе исходных для проектирования данных. Составление схемы городского транспорта следует начинать с утончения по отдельным направлениям связей соотношения видов транспортных средств.

Так как для каждого из сечений трафика движения известны $П_с$ и $П_{max}$, то (оставляя в стороне такие основания выбора, как продольный профиль улицы, а в реконструируемых городах – еще и наличный поперечный профиль, существующие в городе виды транспорта, доступность электроэнергии, темп нарастания пассажиропотоков и пр., как уже специализирующие вопрос далее рамок настоящего исследования), выбор видом массового городского транспорта по каждому из направлений движения может быть совершен на основании следующих общеизвестных признаков:

А. Городские линии

автобус	$П_с$< 10.000	$П_{max}$=3600
троллейбус	$П_с$< 10.000	$П_{max}$=4800
трамвай	$П_с$< 10.000	$П_{max}$=15000
метро	$П_с$<100.000	$П_{max}$=50000

Б. Пригородные линии

$П_с$ 500	–	автобус
10.000>$П_с$>5000	–	автобус – троллейбус
П>10000	–	электрифицированный рельсовый транспорт, непосредственно связанный с городским транспортом
50.000>$П_с$>10000	–	быстроходный трамвай
П>10000	–	вылетная линия метро

Таким образом, устанавливается соотношение видов массового транспорта по каждому из направлений в число перевезенных пассажиров. Для каждого отдельного направления таким же останется и отношение работы видов транспорта, выраженной в пассажиро-километрах. После того, как соотношение видов транспорта установлено по каждому из встречающихся направлений, могут быть получены и аналогичные удельные показатели по городу в целом. В этих целях показатели по каждому направлению для каждого из видов транспорта взвешиваются соответственно либо по величинам $П_с$, либо по произведениям $П_с\alpha$, где α - есть расстояние между центрами тяжести соответствующих микрорайонов.

Теперь может быть произведена проверка к общей пропускной способности уличной сети города. Проверка эта обязательна и заключается в сопоставлении общей пропускной способности магистралей города с общим объемом предстоящего движения, которое выражается коэффициентом запаса сети магистралей. Было бы неосторожным делать этот коэффициент менее 1,25.

Коэффициенты запаса сети магистралей определяются как для отдельных направлений связей в городе, как и для города в целом. Сделано это может быть следующим образом. Предельная пропускная способность магистралей, связанная непосредственно с каждым из их классов, известна для каждого из направлений связи в любом сечении транспортного потока. Сопоставление этой величины М с величиной $П_{max}$ для того же сечения дает коэффициент запаса магистралей - μ - дальнего направления. Взвешивание этих коэффициентов по величинам = $П_{max}$ дает удельный коэффициент запаса магистралей, который будет определен тем точнее, чем большее число микрорайонов ведено в построение.

Особый интерес, в виду особо загромождающего действия, представляет, естественно, автомобильный транспорт. Какая бы проектная норма охвата движения автомобильным транспортом не была принята (25-40 %, больше или меньше), следует всегда считаться с возможностью и более развитого пользования индивидуальным автотранспортом.

Все остальные вопросы схемы городского транспорта не представляют ничего принципиального и легко решаются с помощью общеизвестных эмпирических формул и нормативов.

В заключение, обратим внимание на то обстоятельство, что весьма распространенное мнение о том, что максимальное уплотнение города, придание ему возможной компактности и сжатости его территории, - позволяет будто бы уменьшить транспортные затруднения большого города, - основано на недоразумении. Это действительно так для небольшого города, для которого уплотнение его территории переводит ранее доступные лишь с помощью транспорта места тяготения в зоны пешеходной доступности. Однако, в больших городах, занимающих – при всех практически возможных плотностях – территории, - превышающие радиус пешеходной доступности, увеличение плотности заселения ведет к пропорциональному увеличению потоков движения.

Это следует из формулы (130), дающей поток пассажиров в час максимума. Этот поток пропорционален плотности заселения и обратно пропорционален плотности магистралей.

Последнюю нельзя безнаказанно увеличивать – это уменьшает скорости и пропускную способность улиц. Поэтому увеличение плотности заселения неизбежно ведет к увеличению потоков. Как мы видим выше (см. 131 и послед.), в час максимума в большом, с транспортной точки зрения, распланированном городе поток пассажиров в центре города будет составлять около 9000 пасс/час при плотности заселения брутто (рассчитанной на селитебные территории без крупных парков (в 100 чел/га. Такой поток невелик: с ним может справиться автобус и троллейбус. Но при удвоенной плотности заселения δ=200 чал/га, поток составляет уже 18000 пасс/час., что представляет верхний предел нормальной работы трамвая. Город начинает переживать транспортные затруднения. При плотностях заселения еще больших, появляется потребность во внеуличном транспорте, - сооружении дорогом и сложном. Так как движение в центре города неизбежно больше, нежели на периферии, то – с транспортной точки зрения – выгоднее, чтобы плотность заселения центра была меньше, нежели периферии, во всяком случае, не возрастала к центру. В действительности в планировочной практике господствует прямо противоположная тенденция, заключающаяся в таком зонировании застройки, при котором в центре города сосредотачивается наиболее плотная и наиболее высокая застройка, дающая более значительные плотности заселения. Более высокие плотности заселения образуются за счет сниженных норм жилой площади. Всего этого нельзя забывать при планировке, в особенности больших городов.

Следует помнить, что центр большого города сам по себе является крупным городским образованием, развивающим собственные потоки движения.

Чрезмерное уплотнение территории большого города ведет поэтому не к облегчению, а, наоборот, к утяжелению транспортных его условий. Предел допустимых плотностей лежит возле 200 чел/га.

Превышение этих плотностей, разумеется, возможно; но в этом случае организация внеуличного транспорта станет неизбежной.