

НЕВИДИМЫЙ ФУНДАМЕНТ

КАК ИНФРАСТРУКТУРА
СОЕДИНЯЕТ ГОРОДА,
ЛЮДЕЙ И БУДУЩЕЕ



Арсений Грозовой

Невидимый фундамент: Как инфраструктура соединяет города, людей и будущее

<https://litres.ru/74627537>

SelfPub; 2026

Аннотация

В 7:18 гаснет светофор, опаздывает автобус, пропадает связь — и обычное утро рассыпается. Почему сбой в невидимой системе способен остановить город?

Инфраструктура — это не только мосты и трубы, а сеть людей, правил и ресурсов, обеспечивающая транспорт, воду, энергию, связь и доступ к услугам. Как связаны её узлы? Кто получает выгоду, кто платит и что помогает городу выдержать сбой?

«Невидимый фундамент» раскрывает устройство повседневных систем: от планирования и ремонта до цифровых сетей, справедливого доступа и экологической цены. Книга научит оценивать проекты без специального образования — проверять альтернативы, замечать риски и требовать понятных результатов.

Для тех, кто хочет видеть за привычным комфортом работу целого города и понимать, каким может быть его будущее.

Книга создана с помощью ИИ. Обложка: GPT Image -
Лицензия

Содержание

Невидимая основа: что мы называем инфраструктурой	6
Как сети сформировали города и повседневную жизнь	18
Город как система: связи, узлы и точки отказа	28
От потребности к проекту: как планируют инфраструктуру	41
Конец ознакомительного фрагмента.	47

Арсений Грозовой
Невидимый фундамент:
Как инфраструктура
соединяет города,
людей и будущее

Невидимый фундамент: Как инфраструктура соединяет города, людей и будущее

Арсений Грозовой

Невидимая основа: что мы называем инфраструктурой

В 7:18 утра Ася заметила, что город задерживает её по мелочам.

Сначала она простояла у перекрёстка, где светофор застыл чёрным глазом. Машины медленно протискивались через пересечение, водители переговаривались жестами, пешеходы ждали, пока кто-нибудь решится перейти первым. Потом автобус пришёл не по расписанию. У кофейной стойки терминал несколько раз пискнул и показал: «Нет связи». А когда Ася позвонила редактору, чтобы предупредить об опоздании, разговор оборвался на середине фразы.

Ничего катастрофического. Никто не кричал о чрезвычайном происшествии. Просто утро стало вязким: шаги сбились, очередь росла, минуты куда-то утекали.

Ася готовила материал о повседневной жизни и собиралась писать о привычных городских ритуалах: первая чашка кофе, поездка на работу, короткое сообщение близким. До этой минуты ей казалось, что для хорошего текста достаточно наблюдать за людьми. Теперь город словно сам попросил её посмотреть под ноги.

Ладный — вымышленный собирательный город, не портрет какого-то одного места и не источник статистики. Его

улицы, остановки и дворы знакомы почти каждому, кто хоть раз спешил на работу. И в это утро Ладный не замер — он запнулся.

Город, который обнаруживает себя в паузе

В кофейне бариста Ира уже успела приготовить два капучино, когда оплата по карте не прошла. Очередь начала переминаться.

— Обычно даже не замечаешь, что терминал вообще к чему-то подключён, — сказала она. — Он стоит на стойке, мы нажимаем кнопку, и всё. А сейчас люди думают, будто это я не умею принять оплату.

Она показала на провод, уходящий за стойку к небольшому роутеру. Кассовый терминал был заряжен, но связь обеспечивало оборудование, которое питалось от розетки. В кофейне можно было расплатиться наличными, поэтому работа не остановилась окончательно. Но привычный способ оплаты исчез — и очередь сразу стала другой.

На улице Ася встретила жильца соседнего дома, который нёс в руках две бутылки воды.

— На верхних этажах напор совсем ослаб, — объяснил он. — Внизу вода есть, а у нас душ едва течёт.

Это показалось Асе странным. Что общего у слабого напора, опаздывающего автобуса и неработающего светофора? Пока только одно: всё случилось в одном районе и примерно в одно время.

На соседнем перекрёстке регулировщик в ярком жилете

направлял машины вручную. Автобус наконец показался из-за поворота. Водитель открыл двери и, пока пассажиры поднимались, виновато развёл руками:

— На двух остановках стояли дольше обычного. Светофор не работает, поток расползается.

Автобус был обычным, дизельным. Его двигатель не зависел от местной электросети, но дорога — зависела. А точнее, от того, как устроено движение на ней: от светофоров, разметки, правил приоритета, диспетчерской связи и действий людей, которые в нужный момент заменяют автоматику.

Ася позвонила в транспортную диспетчерскую по номеру для прессы. Диспетчер Лев говорил спокойно, будто перечислял пункты большого списка.

— Мы видим задержку по маршрутам, которые проходят через этот квартал. Связь с водителями есть, по радио. Но расписание не может отменить очередь на перекрёстке. Диспетчерская помогает перестроить движение, предупредить водителей, иногда изменить интервал. Она не передвигает машины сквозь затор.

В его ответе была простая мысль: городская услуга не существует отдельно от условий, в которых оказывается. Автобус — это не только машина и человек за рулём. Чтобы поездка стала возможной, нужны маршрут, остановки, улицы, топливо или зарядка, график, ремонтные службы, связь и правила, по которым автобус делит дорогу с остальными.

Ася всё ещё не знала, что именно свело утренние задерж-

ки воедино. Но перестала считать их случайным набором раздражителей.

Карта одного утра

Она записала происходящее в блокнот. Не только то, что видела, но и то, что должно было сработать, чтобы люди могли продолжать обычный день.

Момент

Что замечает человек

Что работает за кулисами

Покупка кофе

Терминал принимает оплату

Электроснабжение кофейни, роутер или мобильная сеть, платёжная система, кассовое оборудование, правила обработки платежа

Поездка на работу

Автобус едет по маршруту

Улицы, остановки, транспорт, водитель, диспетчерская, расписание, дорожные сигналы и управление движением

Сообщение редактору

Телефон соединяет собеседников

Электросеть, базовые станции, кабельные и радиоканалы, серверы, программное обеспечение и протоколы связи

Вода на верхнем этаже

Из крана идёт тонкая струя

Городские водопроводы, насосное оборудование, электропитание дома, внутридомовые трубы и обслуживание

Слово «инфраструктура» часто вызывает образ крупного сооружения: моста, электростанции, аэропорта. Но эта таблица показывает, что инфраструктура начинается не с размера. Её можно узнать по роли: она создаёт условия, на которых держатся другие повседневные действия.

Это сеть объектов, людей, правил и процедур, которые помогают перемещать воду, энергию, людей, товары и информацию. Одни элементы видимы — рельсы, кабели, трубы, мосты. Другие скрыты в серверной комнате, графике профилактического ремонта, инструкции диспетчеру или стандарте, благодаря которому устройства разных производителей могут обмениваться данными.

Граница понятия не всегда резкая. Иногда инфраструктурой называют только физические сети. В более широком смысле говорят также о цифровой и институциональной инфраструктуре: системах, которые помогают обществу координировать действия. Правила сами по себе не являются трубой или дорогой, но без согласованных правил дорога быстро превратилась бы в спор за пространство, а платёжная сеть — в набор устройств, которые не понимают друг друга.

Не здание, не услуга и не ресурс

После разговора с диспетчером Ася попросила инженера водоканала объяснить, почему верхние этажи дома ощутили перебой.

Инженер Марина встретилась с ней у технического помещения в подвале жилого здания. Там гудел насос. На трубах были бирки, на стене — схема оборудования и отметка о последнем обслуживании.

— Вода в городскую сеть продолжала поступать, — сказала Марина. — Но в этом доме есть насосная установка, которая помогает поддерживать нужное давление на верхних этажах. Если её питание пропадает, нижние квартиры могут почти ничего не заметить. Верхние замечают сразу.

В разговоре выяснилось, что в одном из кварталов на время отключилась секция электроснабжения после неисправности на распределительном оборудовании. Защита изолировала повреждённый участок, чтобы неисправность не распространилась дальше. Там, где питание исчезло, часть световых приборов погасла, насосное оборудование зданий остановилось, а некоторые точки доступа к сети стали работать нестабильно. Не все последствия имели одну и ту же причину: например, задержку автобусов усилил дорожный затор, а в кофейне проблему усугубило устройство связи, подключённое через роутер без резерва питания.

Именно это уточнение было важно. Городская неполадка редко похожа на аккуратную цепочку из одного источника

и одного последствия. Скорее, это узел пересечений: один сбой совпадает с другими, усиливает их или делает заметными.

Марина разделила для Аси несколько понятий.

Здание — место, где что-то происходит. Кофейня — помещение, где готовят напитки. Но её здание само по себе не обеспечивает ни воду, ни электричество, ни связь.

Инфраструктура — системы, благодаря которым такие места могут работать. Для кофейни это подключение к электросети и водопроводу, вывод отходов, доступная улица, канал связи и платёжная система. Само здание тоже может быть частью инфраструктуры, если в нём находится, например, насосная станция или диспетчерский центр.

Услуга — то, что получает человек: поездка на автобусе, подача воды, доступ в интернет, оплата покупки. Услуга возникает благодаря инфраструктуре, но не тождественна ей. Дорога и автобусные остановки — части транспортной инфраструктуры; поездка по маршруту — услуга. В реальности их границы взаимодействуют: без водителя и расписания сеть дорог не довезёт пассажира до работы.

Ресурс — то, что проходит через систему или используется ею. Вода — ресурс, водопровод и насосы — инфраструктура, подача воды в квартиру — услуга. Электричество может пониматься как ресурс, а электростанции, линии и подстанции — как инфраструктурная сеть.

— И ещё одна часть, которую часто забывают, — добавила

Марина. — Обслуживание. Насос сам себя не проверит.

Трубы и кабели стареют, датчики загрязняются, дорожное покрытие разрушается, программное обеспечение требует обновлений. Если о системе вспоминают только при аварии, невидимость превращается в запущенность. Работа инфраструктуры — это не только торжественное открытие моста. Это регулярный осмотр, замена детали до поломки, ночной ремонт, проверка резервного питания и точная запись о том, что было сделано.

Люди внутри сети

Инфраструктуру легко представить машиной, которая работает где-то за стеной. Но машины не распределяют задачи сами по себе. На подстанциях дежурят специалисты; диспетчеры наблюдают за движением; дорожные службы меняют сигналы и знаки; техники обслуживают насосы; сотрудники связи ищут повреждения, порой не зная заранее, в каком подвале или люке их найдут.

В систему входят и процедуры. При отключении света важно не только наличие резервного генератора, но и порядок его запуска, ответственность за проверку топлива, доступ к помещению и понимание, какие объекты нужно восстановить первыми. Надёжность — не просто качество отдельного устройства. Это способность связанных частей выполнять свою задачу, когда условия меняются.

Инженеры различают, например, надёжную работу системы и её устойчивость к нарушениям. Если светофор исправ-

но работает в обычный день, это ещё не отвечает на вопрос, что произойдёт при отключении питания. Есть ли батарея? Знают ли водители и пешеходы, как действовать? Может ли регулировщик быстро прибыть на перекрёсток? Можно ли изолировать повреждённый участок, не выключая весь район?

Резервирование, альтернативные маршруты, запасные каналы связи и понятные инструкции помогают системе не превращать одну поломку в цепь новых проблем. Но резерв тоже требует обслуживания. Запасной насос, который никогда не проверяют, — скорее обещание, чем защита.

В тот день город не исчез. Кофейня приняла наличные, регулировщик помогал проехать перекрёсток, диспетчер связывался с водителями, а службы восстанавливали питание. Часть системы замедлилась, другие её части подхватили работу. В этом и состоит важное свойство инфраструктуры: она не только передаёт потоки в обычное время, но и определяет, насколько общество способно пережить сбой и вернуться к привычному ритму.

Однако привычный ритм распределён неравномерно. Для жильца нижнего этажа слабый напор может быть почти незаметен, а для соседа на верхнем — серьёзной проблемой. Закрытая станция метро, отсутствие удобного тротуара или нестабильная мобильная связь по-разному меняют жизнь людей в зависимости от их возраста, дохода, состояния здоровья и места проживания. Инфраструктура не просто об-

служивает город: она во многом решает, кому легче добраться до работы, получить помощь, учиться и оставаться на связи.

Как замечать невидимое

Когда электричество вернулось, светофоры снова загорелись. Автобусы постепенно вошли в график. В кофейне терминал принял карту, а из крана на верхнем этаже потекла ровная струя. Город как будто стёр с лица следы заминки.

Ася дописала материал, но поменяла его тему. Она уже не рассказывала только о привычках жителей. Она писала о том, сколько согласованной работы скрывается за простым «всё как обычно».

Попробуйте проделать такое наблюдение сами. Выберите одно действие из собственного дня — выпить кофе, доехать до работы, открыть сайт, набрать стакан воды — и проследите путь от источника до себя. Не нужно знать устройство всей страны. Достаточно задавать вопросы по шагам.

1. Назовите результат. Что именно вы получили: поездку, воду, сообщение, покупку?

2. Найдите видимые элементы. Кран, автобус, телефон, касса, остановка.

3. Проследите, откуда приходит поток. Откуда поступает вода? Каким способом передаётся сообщение? Что доставляет человека к месту назначения?

4. Добавьте людей и правила. Кто проверяет оборудование, задаёт расписание, устраняет повреждение? Какие

инструкции или стандарты помогают частям системы взаимодействовать?

5. Представьте один сбой. Что заметите вы? Что заметят другие? Есть ли обходной путь или запасной способ получить услугу?

Например, путь воды в квартире можно описать так: источник воды; очистка и подготовка к подаче; городская магистраль; ввод в здание; при необходимости — насосное оборудование; внутренние трубы; кран. На каждом этапе есть своя задача, свои специалисты и возможные точки отказа. Такой маршрут не просто объясняет, откуда берётся вода. Он учит замечать зависимости, которые обычно исчезают за удобством.

Инфраструктура становится видимой не только тогда, когда ломается. Её можно разглядеть в люке на тротуаре, в ночной бригаде у дорожного ограждения, в расписании автобуса, в работе диспетчерской и в запасной батарее, которая не понадобилась. Невидимость — часто признак того, что множество разных частей сработали согласованно. Но чтобы эта согласованность сохранялась, её нужно проектировать, обслуживать и справедливо распределять.

Утром Ася хотела написать о чашке кофе. К вечеру она поняла: кофе — лишь последняя точка длинного маршрута. За ним стоят сети и люди, которые связывают город в одно целое. Стоит проследить этот маршрут — и повседневность перестаёт казаться набором отдельных удобств. Она раскры-

вается как общая система, на которой держится наша жизнь.

Как сети сформировали города и повседневную жизнь

В старой части города улица Водяная кончается у рынка — и будто не знает, куда идти дальше. Она петляет между тесными домами, ныряет под арку, снова выходит к реке. А в новом районе, за бывшей городской чертой, улицы выстроены ровнее. Одна тянется от вокзала, другая — вдоль водопроводной магистрали. Здесь даже расстояния кажутся другими: до станции пять минут пешком, до рынка — целая поездка.

Так начинается наше расследование. Город, в котором мы гуляем, вымышлен: назовём его Меридианом. Но два его района собраны из узнаваемых исторических обстоятельств. Старый вырос вокруг пристани и торговой площади; новый появился, когда к окраине пришли железная дорога и водопровод. Архивистка Нина раскладывает на столе две карты — раннюю и позднюю. Её спутник Лев накладывает одну на другую. Совпадения и расхождения показывают больше, чем перечень дат: они объясняют, почему люди живут, работают и встречаются именно здесь.

Городская карта — не просто рисунок зданий. Это осадок решений о том, куда провести путь, кому подать воду, где поставить станцию и чьё время сэкономить.

До сети: город, измеряемый шагами

На старой карте Меридиана важны три точки: пристань, рынок и площадь перед церковью. Между ними — улицы, возникшие не по линейке, а вслед за привычкой. К пристани ведёт путь для телег; к рынку сходятся дороги из окрестных деревень; у площади есть место для собраний и объявлений. Такая планировка выглядит беспорядочной только тому, кто не знает, что здесь искали люди.

Расстояние в этом городе измеряется не километрами, а усилием. Сколько времени отнести товар к прилавку? Как далеко идти за водой? Успеет ли работник домой между сменами? Пока скорость передвижения невелика, жильё, мастерская и торговля стремятся быть рядом. Дом может одновременно служить лавкой, мастерской и семейным жильём. Улица становится продолжением рабочего пространства: здесь чинят, продают, договариваются и узнают новости.

Это не значит, что старый район был удобным для всех. Тесные улицы затрудняли проезд телег и пожарных повозок. Вода могла поступать из колодцев, рек, цистерн или общественных водоразборов — в зависимости от местных условий. Её качество и надёжность различались от квартала к кварталу. Доставка воды занимала время, а отходы и стоки создавали отдельные риски. Рынок и пристань давали работу, но соседство с шумом, запахами и транспортом приходилось оплачивать повседневным дискомфортом.

Важна оговорка: города не проходили одну и ту же последовательность ступеней. Где-то река оставалась главным транспортным коридором; где-то железная дорога приходила раньше водопровода; где-то рельеф, земельные владения или политические решения направляли рост сильнее, чем сама технология. Сеть не чертит город в одиночку. Она открывает возможности, а люди, правила и деньги выбирают, какие из них станут улицами.

Когда пришли рельсы и труба

На поздней карте Меридиана железная дорога заканчивается вокзалом на восточной окраине. От него расходятся новые улицы. Одна, названная Железнодорожной, ведёт к складам. Другая, Водопроводная, тянется вдоль магистрали, обозначенной тонкой синей линией. Там, где раньше были огороды и редкие дворы, появляются мастерские, доходные дома, лавки и школа.

Рельсы меняют не только скорость поездки, но и представление о том, что считать близким. Если до места работы можно добраться за разумное время, необязательно селиться рядом с ним. Вокруг остановок и станций возникает ценная зона: до неё удобно дойти пешком, а дальше городская поездка продолжается по расписанию. На окраине появляются новые дома для тех, кто готов тратить время на дорогу в обмен на другое жильё или более доступный участок. Но подобный обмен зависит от цены билета, частоты движения, безопасности пути и того, кто вообще может позволить себе

поездку.

Водопровод действует иначе — тише и глубже. Под улицей нет расписания, но есть поток, от которого зависят питьё, уборка, работа мастерских и пожарная безопасность. При этом одной трубы недостаточно, чтобы город мог без последствий строиться выше и плотнее. Нужны достаточный напор, обслуживание, водоотведение, правила подключения, деньги на строительство и пожарные службы. Если вода приходит в дом, а нечистоты некуда отводить, улучшение остаётся неполным. Коммунальная сеть работает не отдельной линией, а связкой.

Именно поэтому на карте Нины рядом с трубой она проводит другую линию — канализационную. Там, где обе сети надёжны, становится возможным больше жилья на том же участке. Там, где водоснабжение перебойное или подключение слишком дорого, плотность и повседневные привычки складываются по-другому.

История Меридиана напоминает реальные городские перемены, хотя не копирует ни одну из них. Лондонская Metropolitan Railway начала работать в 1863 году. Позднее железнодорожные компании участвовали в освоении пригородов вдоль линий, а образ жизни за чертой центра закрепился в популярном выражении «Метроленд». В Нью-Йорке Кротонский акведук начал подавать воду в 1842 году, расширив возможности снабжения растущего города. В Париже во второй половине XIX века преобразования, связанные

с работами префекта Османа и инженера Эжена Бельграна, затронули и улицы, и водоснабжение, и канализацию. Эти примеры показывают разные пути, а не универсальный рецепт: вода, транспорт и политические решения соединялись в каждом городе по-своему.

Новые привычки — и новая география

Лев замечает, что в старом районе улицы чаще заканчиваются у знакомой площади, а в новом словно целются в станцию. Это меняет распорядок дня. Утро всё чаще начинается не с выхода в соседнюю мастерскую, а с расчёта: когда отходит поезд, сколько займёт путь, хватит ли времени на пересадку. Вечер, наоборот, зависит от последнего рейса. Транспортное расписание входит в домашний календарь, даже если никто не называет его частью инфраструктуры.

Рабочие места тоже перемещаются. Станция удобна не только пассажиру, но и складу: к ней проще подвозить сырьё и отправлять товар. Производства, которым нужны большие площади или регулярные грузовые перевозки, могут размещаться у путей. Торговля, зависящая от покупательского потока, тянется к остановкам и перекрёсткам. А жильё занимает промежуточные участки — настолько близко, чтобы дорога оставалась приемлемой, и настолько далеко, чтобы земля обходилась дешевле.

Следующий слой перемен принесла электрическая сеть. Освещение продлило часы, в которые улица могла оставаться оживлённой; электрический трамвай позволил обслужи-

вать более дальние районы, чем прежде доступные многим пешком. Но электричество появлялось не сразу и не везде. Сначала освещённые улицы, промышленные предприятия и богатые дома могли соседствовать с кварталами, где уличная темнота оставалась нормой. Новый ресурс расширял городские возможности, но доступ к нему распределялся неравномерно.

Связь тоже меняла пространство. Телеграф помогал быстрее передавать сведения о расписаниях, грузах и ценах; телефон упростил координацию работы между учреждениями и предприятиями. Эти сети не отменили расстояние, а сделали его менее заметным в одних делах и более важным в других. Торговцу уже не всегда нужно было лично ехать за каждым известием, но городские компании получали преимущество благодаря более быстрым каналам связи. Так одна и та же технология могла поддерживать и концентрацию бизнеса в центре, и рассредоточение некоторых операций по районам.

Дороги связывали все эти линии. Иногда их расширяли для проезда телег, иногда мост или новая магистраль открывали путь к прежде труднодоступной земле. Позже автомобильный транспорт позволил совершать более длинные поездки и подталкивал освоение периферии во многих городах, но не одинаково и не повсюду. Роль дороги зависела от того, кто по ней ездил, что перевозил, где были развязки и какие правила действовали вокруг неё. Широкая трасса могла связать районы, а могла разрезать сложившийся квартал

и затруднить переход на другую сторону.

Удобство для одних, цена для других

У станции Вокзального района Меридиана теперь открылись кафе, гостиница и контора по продаже земли. Удобство обернулось спросом. Владельцы участков поняли, что близость к рельсам повышает ценность недвижимости. Кто-то построил доходный дом; кто-то продал землю; кто-то поднял арендную плату. Прежние жильцы могли выиграть от улучшения доступа к работе — или обнаружить, что теперь не могут платить за квартиру в районе, который помогли создать.

Так происходит не автоматически: новая инфраструктура не всегда вытесняет жителей, и рост стоимости земли зависит от спроса, регулирования, доступности жилья и множества других условий. Но механизм стоит помнить. Удобство часто капитализируется в цене участка. Если выгоду от сети получает преимущественно собственник земли, а расходы на перемещение и новые услуги ложатся на арендаторов и горожан, инфраструктурный успех распределяется неравномерно.

Возможен и другой сценарий. Линию проводят так, чтобы обслуживать прежде всего промышленный грузовой поток; остановок для жителей рядом может не оказаться. Труба проходит по улице, но подключения стоят слишком дорого. Дорогу строят рядом с домами, но переходов через неё мало. На карте линия выглядит как связь, а в повседневности

становится барьером.

Поэтому Нина спрашивает не только: «Где проходит сеть?» Она спрашивает: «Кому она даёт доступ? Кто оплачивает её строительство и обслуживание? Кто может пользоваться ею каждый день? Кто вынужден уступить место?» Это вопросы не к прошлому одному — они пригодятся при обсуждении любой новой станции, улицы или коммунального проекта.

Как прочитать историю своего района

Попробуйте устроить собственную парную прогулку: сначала по старой карте, затем по нынешней. Для начала выберите небольшой участок — например, путь от станции до рынка или от школы до ближайшей площади. Не нужно быть историком: достаточно внимательного взгляда и нескольких источников.

1. Найдите старую карту. Ищите её в городской библиотеке, архиве, краеведческом музее или цифровом собрании. Запишите год и назначение карты: план улиц, кадастровый план, схема железных дорог и план инженерных сетей показывают разное.

2. Отметьте устойчивые точки. Сравните рынки, пристани, вокзалы, мосты, площади и крупные общественные здания. Что осталось на месте? Какие улицы исчезли, изменили направление или получили продолжение?

3. Пройдите маршрут пешком. Заметьте, где улица становится шире, где появляются дворы и проходы, как ча-

сто встречаются остановки, магазины, школы, поликлиники и общественные пространства. Отдельно отметьте барьеры: железнодорожные пути, магистрали, реки без мостов, закрытые территории.

4. Прочитайте названия. «Вокзальная», «Товарная», «Набережная», «Трубная», «Заводская» могут хранить память о функции, которой давно нет. Но не считайте название доказательством: его стоит проверить по карте, архивной справке или местной истории.

5. Сопоставьте доступность и цену. Где удобнее добраться до работы, школы, магазина, врача? Совпадают ли эти места с дорогими районами? Менялся ли состав застройки после появления станции, трамвая или новой дороги? Ищите подтверждения, а не готовый ответ.

6. Составьте список вопросов. Кто получил от сети выигрыш во времени? Какие группы или кварталы остались в стороне? Что появилось рядом с узлом — жильё, склады, торговля, общественные учреждения? Какие решения нужно было принять, чтобы эта сеть заработала?

У такого упражнения нет единственного правильного вывода. Его цель — увидеть город не как набор фасадов, а как результат длительных связей между местом, движением, водой, энергией, капиталом и повседневным трудом.

На обратном пути Лев замечает, что новая улица не просто подходит к водопроводной трубе: дома стоят ближе там, где проще подключиться, а дальше снова появляются участ-

ки с редкой застройкой. Он смотрит на старую пристань, вокзал, мост и водонапорную башню — и понимает, что городская форма хранит память о прежних маршрутах и обещаниях. Одни сети раздвинули привычные границы; другие сделали жизнь плотнее и быстрее; некоторые проложили между соседями новые рубежи.

Инфраструктура не просто обслуживает уже готовый город. Она меняет цену расстояния, направляет строительство, распределяет время и открывает одни возможности, одновременно оставляя другие за пределами доступа. Увидеть это можно, если наложить карту сетей на карту повседневной жизни — и спросить, чья именно жизнь стала удобнее.

Для проверки исторических примеров: материалы Департамента охраны окружающей среды Нью-Йорка об акведуке Кротона; история Metropolitan Railway в коллекциях London Transport Museum; David H. Pinkney, *Napoleon III and the Rebuilding of Paris*; Donald Reid, *Paris Sewers and Sewermen*; Kenneth T. Jackson, *Crabgrass Frontier*; William Cronon, *Nature's Metropolis*.

Город как система: связи, узлы и точки отказа

В 7:31 утра Лена выходит из подъезда и смотрит на часы. До автобуса пять минут, остановка — за углом. В это же время на другом берегу реки водитель фургона сворачивает к мосту и видит, как асфальт у съезда проседает, будто под ним ослабла земля. Через несколько минут участок перекрывают.

Для Лены это означает: привычный автобус не придёт. Для города — что на время перестал работать узел, через который проходят маршруты, машины скорой помощи, поставки в магазины и путь на работу тысяч людей. Сначала кажется, что случилась обычная дорожная неприятность. Затем выясняется: перекрыта не просто дорога. Перекрыта одна из нитей, которыми город связан сам с собой.

Сбой, который был больше своей причины

Город Вереск рос по обе стороны реки. На восточном берегу появились новые жилые кварталы и распределительный склад, на западном остались больница, вокзал, административный центр и большая часть рабочих мест. Между берегами — три автомобильных переправы, но только одна, Речной узел, соединяет восточные районы с центром коротким прямым маршрутом. Там же сходятся автобусные ли-

нии, останавливаются пригородные маршрутки и пересекаются пассажиры.

В 7:38 дорожная служба закрывает съезд к мосту. Под покрытием обнаружен размыв грунта: лопнула водопроводная труба, и вода вымыла часть основания дороги. Пока специалисты не проверят конструкцию, движение по мосту и прилегающей площади небезопасно.

Это непосредственная причина происшествия: повреждение трубы и размыв грунта. Но она не объясняет, почему остановка одного участка так быстро становится городской проблемой.

Условия складывались годами. Труба была старой; точную причину её разрушения ещё предстоит установить. Автобусные маршруты постепенно свели в одну удобную пересадочную точку. Новые кварталы росли быстрее, чем возможности альтернативных переправ. Ближайший запасной мост уже работал почти на пределе, а южный добавлял к пути несколько километров. Каждый шаг казался разумным по отдельности: сэкономить на замене трубы, сократить время пересадки, обслужить растущий район без строительства новой дороги. Вместе они создали зависимость от одного места.

В диспетчерском центре сначала видят лишь транспортную задачу: закрыть узел, изменить маршруты, предупредить водителей. Восемь автобусных линий уходят на северный мост. Но он не может принять весь дополнительный по-

ток без последствий. Автобусы встают в общую очередь с частными автомобилями и грузовиками. Пассажиров высаживают у остановок, не рассчитанных на такой поток. Через полчаса заторы появляются уже не только у моста, но и на улицах, куда перенаправили транспорт.

К 8:20 диспетчеры получают сообщения из городской больницы: часть сотрудников утренней смены задерживается. Это не значит, что больница перестаёт работать. Медсёстры меняются сменами, несколько сотрудников выходят на связь и договариваются о подмене, администрация вызывает такси для специалистов, которых нельзя оставить без замены. Но у больницы обнаруживается зависимость, незаметная на карте маршрутов: многие работники живут на восточном берегу и обычно доезжают до пересадки у Речного узла.

Затем звонит распределительный склад. Несколько грузовиков, доставляющих продукты в магазины западной части города, тоже стоят в очереди на северную переправу. У поставок есть расписание, у части товаров — ограниченный срок хранения, а свободных машин для срочной замены нет. Магазины пока не пустеют. Но доставка опаздывает, сотрудники пересчитывают остатки и меняют порядок разгрузки.

Один сбой не остановил Вереск. Он заставил связанные системы работать хуже — и показал, насколько тесно они зависят друг от друга.

Город — это не перечень объектов

Чтобы увидеть эту зависимость, полезно мыслить не толь-

ко зданиями и сооружениями, но и связями между ними.

Узел — это место или объект, где сходятся потоки: пересадочная площадь, мост, электроподстанция, склад, больница, диспетчерский центр. Узлом может быть и нечто нематериальное — например, информационная платформа, через которую операторы получают данные о движении.

Связь — то, что переносит между узлами людей, товары, энергию, воду, информацию или полномочия. Дорога связывает районы, но на ней же зависят поставки и поездки на работу. Электросеть питает больницу и насосную станцию. Служба связи передаёт диспетчерам сведения, нужные для принятия решений.

У каждого маршрута есть **пропускная способность**: сколько людей, машин, энергии или информации он может передать за определённое время. Если поток приближается к пределу, небольшое дополнительное возмущение способно вызвать заметный рост задержек. Это знакомый эффект очереди: пока касса свободна, ещё один покупатель почти ничего не меняет; когда очередь уже упирается в дверь, любое промедление сдвигает всех. Поэтому запасной мост может существовать на карте, но не быть настоящей альтернативой, если у него нет места для дополнительного потока.

В диспетчерском центре собирают картину происшествия не из одной «главной схемы», а из сообщений разных служб. Транспортники сообщают, какие маршруты проходят через узел. Водоканал уточняет, где повреждена труба и насколько

ко долго продлится ремонт. Больница описывает, какие смены и поставки зависят от переправы. Представитель склада объясняет, какие рейсы можно перенести, а какие требуют срочного решения.

Постепенно складывается простая диаграмма зависимостей: что Речной узел соединяет, кто от него зависит и куда система может переключиться.

Что связано с узлом

Как возникает зависимость

Возможный обход или резерв

Автобусные маршруты

Через площадь проходят линии с восточного берега в центр

Перенаправление части линий к северному мосту; временный шаттл до пересадки

Поездки сотрудников больницы

Работники пересаживаются у Речного узла или едут через мост

Смена времени пересменки; подмена сотрудников; служебные поездки для ключевых специалистов

Поставки в магазины и больницу

Грузовой транспорт пересекает реку по кратчайшему

маршруту

Южная переправа; изменение времени доставки; местные запасы

Диспетчерская координация

Операторы используют сведения о перекрытиях и движении

Резервные каналы связи; единый обмен данными между службами

Передвижение жителей

Многие поездки устроены вокруг привычной пересадки

Пеший доступ к временной остановке; альтернативный маршрут с дополнительным временем

Таблица не обещает точного предсказания. Она помогает задавать правильные вопросы. Например: «Сколько маршрутов мы можем отправить на северный мост, прежде чем он сам станет узким местом?» или «Есть ли запас у больницы, если доставка задержится на четыре часа?» На эти вопросы нельзя ответить одной схемой движения. Нужны данные, местное знание и разговор между организациями, которые обычно работают каждая в своей сфере.

Не всякий крупный объект критичен

На первый взгляд, критичность должна зависеть от размера. Крупная электростанция, большой вокзал, центральный

мост — значит, важнее маленькой подстанции или местной насосной станции. Но для города важна не только величина объекта, а его роль в сети.

Небольшой узел может оказаться критическим, если через него проходит единственный путь к важной услуге. И наоборот: крупный объект может иметь несколько независимых дублёров, так что его временное отключение почти не отразится на людях.

В теории сетей есть понятие, которое описывает, насколько часто узел оказывается «посредником» на путях между другими узлами. Применительно к городу это может быть остановка, через которую жители из нескольких районов добираются до больницы, или мост, соединяющий две части уличной сети. Если многие удобные маршруты проходят через одно место, у него высокая посредническая роль. Однако одной этой оценки недостаточно: важно учитывать объём потока, доступные обходы, время восстановления и последствия задержки именно для конкретной услуги.

В Вереске северный мост формально был альтернативой Речному узлу. Но его свободная пропускная способность оказалась меньше, чем требовалось. Кроме того, часть машин, автобусов и грузовиков, назначенных на обход, приехала туда почти одновременно. Резерв существовал, но не мог принять весь спрос сразу.

Здесь полезно различать **резервирование** и простое наличие второго объекта. Если два маршрута проходят по од-

ной и той же переправе, зависят от одной подстанции или используют одну диспетчерскую платформу, у них может быть общая уязвимость. При таком отказе оба «резерва» исчезают вместе. Настоящее резервирование требует не только второго пути, но и достаточной мощности, независимости и понятного порядка переключения.

Когда сбой становится каскадом

Каскадный эффект — это цепочка последствий, в которой затруднение одной системы увеличивает нагрузку на другие. В Вереске перекрытие Речного узла перенаправило автобусы и автомобили на северный мост. Дополнительный поток замедлил не только общественный транспорт, но и грузовые перевозки. Задержки сотрудников создали нагрузку на больничные смены. А сообщения о заторах потребовали от диспетчеров новых решений и дополнительных каналов связи.

Но каскад не означает, что любой сбой непременно превращается в катастрофу. Между событием и последствиями стоят резервы, запасы, правила, профессиональные решения и люди, способные приспособиться. Больница в Вереске пережила задержку благодаря подменам и заранее предусмотренным запасам. Магазины справились, потому что часть поставок можно было перенести. Диспетчеры сняли несколько автобусных маршрутов с перегруженной переправы и отправили их к другой точке пересадки.

Городская система не работает как идеально предсказуемая машина. Карты не всегда отражают реальную загрузку,

данные поступают с опозданием, а люди меняют поведение: одни уезжают раньше, другие выбирают такси, третьи остаются дома. Водитель может знать короткий путь, которого нет в маршрутной модели; дорожный ремонт может неожиданно сузить предполагаемый обход; диспетчер может принять решение, которое перераспределит поток лучше любого заранее заданного алгоритма. Модель нужна не для того, чтобы отменить неопределённость, а чтобы заметить зависимости и проверить предположения.

В ходе происшествия команда диспетчерского центра обнаружила и ещё одну проблему: у каждой службы была своя карта приоритетов. Транспортники старались восстановить движение, водоканал — обеспечить безопасность места ремонта, больница — сохранить смены, логисты — выполнить доставку. Эти цели не противоречат друг другу, но требуют согласования. Например, временно пропустить грузовики на один маршрут может быть разумно, если автобусы уже направлены на другой. Решение о том, что считать приоритетом, — не техническая мелочь. Это выбор о том, кому и как распределять ограниченную пропускную способность.

К полудню ситуация постепенно стабилизируется. Часть автобусов продолжает идти в обход, для пассажиров организуют временную пересадку, а грузовые рейсы распределяют по времени. Ремонт трубы займёт больше времени, чем хотелось бы. Но транспортный узел не восстановят одним распоряжением: сначала нужно обследовать основание дороги, за-

тем устранить повреждение и убедиться, что движение сно-
ва безопасно.

Как искать критические связи

Проверка городской услуги начинается с простого вопроса: что должно работать, чтобы она была доступна человеку? Не «какой у нас есть объект», а «что происходит от источника до пользователя». Для поездки на работу это могут быть автобус, мост, остановка, диспетчерская связь, водитель и улица, по которой идёт маршрут. Если выпадает один элемент, можно ли сохранить услугу другим способом?

Ниже — упражнение, которое можно провести для района, учреждения или даже отдельного жилого дома.

1. Выберите одну конкретную услугу. Не «транспорт», а, например, поездка из восточного района в городскую больницу к началу утренней смены. Чем точнее задача, тем полезнее получится разбор.

2. Запишите необходимые узлы и связи. Укажите всё, от чего зависит услуга: остановку, маршрут, переправу, источник электричества, диспетчерскую информацию, сотрудников. Не стремитесь сразу нарисовать идеальную карту. Важно сначала увидеть, что именно нужно для работы.

3. Проследите путь от пользователя до услуги. Для каждого шага спросите: что должно произойти до этого? Если автобусу нужен водитель, запишите и эту зависимость. Если водителю нужно узнать об изменённом маршруте, учтите канал связи и порядок оповещения.

4. Представьте отказ одного узла. Выберите реалистичное событие: перекрытый мост, отключение электричества, повреждение линии связи, нехватка смены. Разделите три вопроса: что отказало непосредственно; какие условия сделали сбой вероятнее или опаснее; какие услуги почувствуют последствия.

5. Найдите обход и проверьте его. Запишите альтернативный маршрут или резервный способ работы. Затем уточните: способен ли он принять дополнительную нагрузку? Достаточно ли у него запаса времени и ресурсов? Не зависит ли он от той же трубы, дороги, подстанции или системы связи, что и основной путь?

6. Определите, что поможет переключиться. Нужны ли заранее согласованные инструкции, контакт ответственного, запас транспорта, другое место пересадки или резервный канал связи? Если обход существует только на бумаге и никто не знает, когда его включать, это ещё не полноценный резерв.

Вопрос для проверки

Что выяснить

Что является узлом?

Место, объект, команда или платформа, через которые проходит услуга

От чего зависит этот узел?

Электричество, доступ к дороге, связь, персонал, материалы

Кто зависит от него?

Жители, учреждения, магазины, другие службы

Где возникнет перегрузка при отказе?

На соседнем мосту, остановке, складе, в канале связи

Есть ли независимый обход?

Альтернативный путь, ресурс или порядок работы

Кто и когда его включает?

Ответственный, сигнал для переключения и необходимые действия

Результат упражнения — не перечень всех вообразимых бед. Это короткая карта уязвимых связей: где отказ одного элемента способен нарушить несколько услуг, где обход слишком узок и кто должен согласовать действия. Такой разбор полезен и для повседневного планирования: иногда решение заключается не в новом мосте, а в изменении маршрута, запасе времени, разнесении поставок или понятной связи между диспетчерами и учреждениями.

Надёжность живёт в связях

После происшествия в Вереске первым делом отремонтировали трубу и восстановили движение. Но расследование на этом не закончилось. Городские службы начали проверять, какие ещё переправы, линии и площадки одновременно обслуживают транспорт, снабжение и доступ к важным учреждениям. Обсуждали не только состояние объектов, но и способы снизить зависимость от одного узла: где можно устроить временную пересадку, как распределять потоки, какие маршруты действительно независимы и кому нужно сообщать о переключении.

В этом и состоит системный взгляд. Он не требует считать, что город можно полностью описать формулами или защитить от каждого сбоя. Он требует увидеть, что за отдельными объектами стоят связи, а за связями — конкретные люди и услуги. Маленькая неисправность может остаться маленькой, если у системы есть запас и понятный обход. Даже крупный объект не обязательно станет точкой отказа, если сеть умеет работать иначе.

Пять минут до остановки — это личное ощущение времени. Для города важнее другое: сколько путей остаётся, когда один путь исчезает. Надёжность определяется не тем, сколько у города узлов, а тем, способен ли он сохранить связи между людьми и необходимыми им услугами.

От потребности к проекту: как планируют инфраструктуру

В понедельник утром школьный автобус стоит у реки. В салоне пахнет мокрыми куртками и яблоками из рюкзаков. На другом берегу начинается урок, а здесь водитель смотрит на очередь перед паромом: машина за машиной, грузовик, микроавтобус. В поликлинике уже открылась регистратура. Один из родителей звонит на работу и объясняет, что опять опоздает.

На сходе жители говорят просто: «Нам нужен мост». Муниципальная команда кивает. Мост звучит как ответ, который можно нарисовать на карте и включить в программу развития. Но, прежде чем обещать стройку, полезно задать вопрос менее удобный и гораздо более важный: **какую именно проблему нужно решить?**

В поселке на двух берегах реки мост может оказаться правильным решением. А может — дорогим способом исправить только часть проблемы, оставив детей зависимыми от расписания автобуса, а пожилых людей — от расположения поликлиники. Планирование начинается не с чертежа сооружения. Оно начинается с выяснения, что мешает людям жить, работать, учиться и получать помощь, и с честного сравнения способов это изменить.

1. Назвать потребность, а не желаемое сооружение

У фразы «нужен мост» есть важное достоинство: в ней слышен опыт жителей. Они тратят время на дорогу, не уверены, успеют ли к началу уроков или приема, и видят, что существующий путь перегружен. Но в ней уже содержится готовое решение. Если принять его без проверки, обсуждение незаметно сузится до вопроса, где и каким должен быть мост.

Команда начинает с другой формулировки: «Жителям обоих берегов нужен более надежный и доступный путь к школе, поликлинике и другим услугам». Это не игра словами. Такая формулировка позволяет проверить разные варианты, не делая вид, будто спор уже завершен.

Потребность стоит описать конкретно:

- кому трудно добираться — школьникам, пациентам, работникам, людям без автомобиля;
- откуда и куда они едут;
- в какие часы возникает проблема;
- что именно не работает — продолжительность пути, непредсказуемость ожидания, стоимость, отсутствие транспорта, перегрузка;
- какие поездки особенно важны: ежедневные или редкие, плановые или экстренные.

При этом жители не обязаны описывать проблему языком транспортного специалиста. Их дело — рассказать, что происходит в жизни; задача команды — выяснить, какие меха-

низмы за этим стоят. Один человек может сказать: «Мы теряем час из-за парома». Другой — «Автобус не подходит к началу занятий». Третий — «На прием можно записаться, но без машины не успеть». Это разные истории, и каждая может указывать на свое препятствие.

До сравнения решений полезно заранее записать, что будет считаться успехом. Например: сократить время поездки в часы пик; сделать путь к школе надежнее; обеспечить доступ к поликлинике людям без личного автомобиля; уменьшить число дней, когда связь между берегами нарушена. Цели должны быть измеримыми настолько, насколько это возможно, и понятными тем, кого затрагивает проект.

Иначе успех легко определить задним числом: построили — значит, получилось. Но наличие объекта не доказывает, что потребность удовлетворена.

2. Собрать данные о жизни, а не только о потоке

Следующий вопрос: что мы знаем, а что лишь предполагаем?

Муниципальная команда собирает сведения о поездках и самой системе. Она считает, сколько людей и машин пересекают реку в разное время, изучает расписание и фактическую работу парома, автобусов и школьного транспорта. Проверяет, где возникают задержки, как они меняются по сезонам, как часто рейсы отменяются, сколько времени занимает дорога от дома до нужной услуги, а не только переправа через реку.

Последнее различие принципиально. Если автобус быстро пересекает реку, но ходит редко и не совпадает с расписанием поликлиники, короткое время на переправе не означает доступного маршрута. Полная поездка состоит из нескольких частей: ожидания, движения, пересадок и пути до конечного пункта. Для пассажира это одно путешествие, хотя в ведомствах за его части могут отвечать разные организации.

Числа дополняют наблюдениями. Команда разговаривает со школьниками и их родителями, сотрудниками поликлиники, водителями, перевозчиками, людьми с инвалидностью, владельцами местных предприятий. Полезны дневники поездок, опросы, наблюдения на остановках и карты, где жители отмечают места, которые трудно или опасно проходить.

Средние значения могут скрывать важные различия. Среднее время переправы не показывает, сколько приходится ждать в наиболее напряженный час. Средняя поездка не рассказывает, что случается с человеком, которому трудно долго стоять на остановке. Поэтому данные стоит разбирать по времени суток, видам транспорта, группам жителей и целям поездки.

Нужно также обозначить пробелы. Если в разные дни паром задерживается по разным причинам, короткого наблюдения недостаточно. Если жители редко отвечают на онлайн-опрос, он может не отражать опыт тех, кому труднее всего добираться. Хорошее исследование не притворяется

полным: оно показывает, где фактов достаточно, а где решение пока опирается на предположение.

3. Посмотреть вперед — и помнить о допущениях

Инфраструктура служит долго, поэтому планировщики спрашивают не только, сколько людей ездит сегодня, но и что может измениться. Где планируют новое жилье? Будут ли развиваться предприятия? Может ли измениться число учеников или пациентов? Какие решения по землепользованию и транспорту способны повлиять на спрос?

Здесь особенно легко превратить прогноз в обещание. Цифра на графике выглядит твердо, однако за ней стоят допущения: о росте населения, доходах, цене поездки, размещении жилья, расписаниях и предпочтениях людей. Если изменится одно из них, изменится и результат. Прогноз — не фотография будущего, а расчет возможного будущего при заданных условиях.

Поэтому вместо единственного ответа «через двадцать лет будет столько-то поездок» команда рассматривает несколько сценариев: развитие идет медленнее ожидаемого; примерно соответствует планам; оказывается интенсивнее. Она проверяет, какой вариант помогает в каждом случае и можно ли расширить или скорректировать его позже.

Есть и обратная связь: транспорт меняет поведение, а поведение — спрос на транспорт. Если путь становится удобнее, люди могут чаще ездить или выбирать более удаленные места для работы и покупок. Это не значит, что любая но-

вая дорога обязательно приведет к одинаковому росту движения. Это значит, что спрос нельзя считать неподвижным фоном, который просто нужно обслужить.

4. Сравнить решения, а не только проекты

Теперь можно открыть главный рабочий инструмент — матрицу вариантов. Она нужна не для того, чтобы механически сложить баллы и объявить победителя. Ее задача — сделать сравнение видимым: что дает каждый вариант, чего не дает и какой ценой.

Вариант

Доступность

Стоимость

Время до эффекта

Воздействие и ограничения

Ничего не менять, продолжая обслуживание

Не улучшает нынешний доступ; помогает понять базовый уровень для сравнения

Нет крупного нового строительства, но сохраняются расходы на содержание и возможные потери от сбоев

Немедленных улучшений нет

Очереди и перебои могут сохраниться или усилиться; «ничего не делать» не означает «ничего не стоит»

Улучшить существующую систему

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.