



ТЕРМОДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОРОНОВИРУСА В МЕГАПОЛИСЕ

Кандидат технических наук Н.Н. ПРОХОРЕНКО

DOI: 10.7868/S0233361920080030

Сначала рассмотрим простенькую задачку из теории вероятностей – случайное блуждание по поверхности. На плоской поверхности произвольно проведём замкнутую не пересекающуюся линию. Получим некоторую связную поверхность. Напомним, поверхность называется связной, если любые две точки на ней можно соединить линией, все точки которой принадлежат поверхности. Произвольно нанесём на такой поверхности две точки. В точку a поместим здорового

человека в сильной стадии опьянения. Этот homo начинает шагать, при этом выбор направления равновероятен. С вероятностью $1/4$ он шагнёт направо, налево, прямо или назад. В другую точку, b , поместим маркёр заразы. Если пьянчужка рвётся перейти границу области, то полицейские “вежливо” толкают (отражают) его обратно. Оказывается, в такой ситуации бедный человечек с вероятностью 1 за конечное число шагов испачкается маркёром инфекции в точке b . Вывод – чтобы не

было заражения людей инфекцией, необходимо и достаточно полное отсутствие или маркёров, или блуждающих здоровых людей на плоскости. Сейчас это называется самоизоляцией.

Кстати, автору удалось убедить упрямую супругу и взбалмошных детей в справедливости представленной выше задачи. Если уж потерялся в лесу, в горах, в заводях реки на байдарке, то встань на открытом месте и жди. Тебя обязательно найдут. Если же ты будешь блуждать по поверхности, то вероятность встречи с поисковиками много меньше 1. Моя супруга один раз “накушалась” досыта, блуждая в лесу. Еле нашли её всей группой туристов.

Предисловие. Будем пользоваться уточнённым порядком научного метода исследования, завещанным ещё Френсисом Беконем:

1. Выделить рассматриваемое явление из всего многообразия окружающего мира.

2. Сосредоточиться на его рассмотрении.

3. Постепенно определить важные характеристики, показатели явления (физические величины).

4. Если величины новые, дать им определение и способ измерения.

5. Выяснить отношения между величинами – законы явления.

6. Проверить результаты и оформление теории. При необходимости провести уточнения и выполнить другие улучшения.

Введение. Будем слушаться Велико-го Бекона! Выделим для рассмотрения явление распространения заболевания коронавирусом среди населения мегаполиса с численностью N человек. Пусть на начальный момент времени τ_0 уже заражено Y_0 человек. Остальные Z пока здоровы. Сосредоточиться на рассмотрении помогают СМИ. Стало ясно, что интенсивность заражения определяется перемещением, движением людей по городу и числом

контактов их с переносчиками инфекции. Оказалось, что контакты бывают двух типов – хотя бы один вдох здорового человека смеси газов выдоха больного и тактильный контакт.

Проведём виртуально сферу диаметром $d = 2 \cdot 0.75 = 1.5$ м с центром на кончике носа человека. Кто-то решил, что это и есть объём воздуха, заражённый инфекцией. Спроектируем эту сферу на плоскость под ногами человека. Получим поверхность площадью $s = n \cdot \pi d^2 / 4$, где n – число людей на улицах города. Обозначим через S м² общую площадь поверхности города – тротуаров, магазинов, аптек, рынков и других мест, где люди могут встречаться друг с другом. Считаем важной характеристикой явления распространения вируса отношение s/S . Область определения этой характеристики:

$$0 \leq \frac{s}{S} = \frac{n \cdot \pi d^2}{4S} p \frac{n_0 \cdot \pi d^2}{4S},$$

где n_0 число людей, воздушные сферические объёмы которых касаются друг друга. Если эти объёмы пересекаются, то произойдет заражение здорового человека от инфицированного. Область определения величины n : $0 \leq n < n_0$, $n_0 = 4S/\pi d^2$, то есть все люди города касаются друг друга своими воздушными сферами вокруг носа на площади S .

Заболевший человек в течение инкубационного периода (≈ 14 дней) перемещается по городу и произвольно трогает руками твёрдые поверхности, на которых появляются следы – маркёры с множеством вирусов. Твёрдые поверхности – это поверхности перил лестниц, поручней в транспорте, упаковок продуктов и овощей с фруктами в продуктовом магазине, упаковок лекарств в аптеке, дверные ручки, кнопки на клавиатуре смартфонов, ноутбуков и ПК, на мобильных телефонах, на домофонах у подъездов

домов, на клавиатуре банкоматов. Вирусы в этих маркёрах сохраняют свою активность в течение трёх дней. Обозначим через U м² площадь, на которой происходит m касаний по маршруту движения больного человека. Тогда $U = m \cdot u \approx m \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Здесь $u = 10^{-2} \text{ м}^2$ – площадь касания рукой твёрдой поверхности. Ориентировочно, можно принять $m \approx 10$ раз. Если через W м² обозначить общую поверхность потенциальных касаний человека, то важной характеристикой явления заражения вирусом можно принять величину $U/W = m \cdot u / W$.

Пусть в окрестности траектории движения больного человека начинает ходить здоровый человек. И тоже непроизвольно трогает всё руками. Наверное, понятно, что с вероятностью 1 он коснётся какого-то заразного следа и перенесёт инфекцию на свои руки. Если затем он тоже непроизвольно коснётся своего лица, слизистых поверхностей у глаз, носа или губ, то неизбежно заразится, сам станет носителем инфекции. Через 14 дней наступят явные признаки заболевания, пневмония, искусственная вентиляция лёгких с кислородом. Возможен летальный исход, особенно, если его организм отягощён тяжёлыми хроническими заболеваниями. Если человек всё-таки выжил, то его организм приобретает защитный иммунный механизм борьбы против данного штамма вируса.

Чтобы инфекция не распространялась контактно в мегаполисе, все жители его на выходе из дома должны надеть резиновые перчатки (как для медиков или для садоводческих дел). Придя домой, перчатки следует как-то утилизировать. Но самый радикаль-

ный приём избежать заражения – самоизоляция, сидеть дома и не шляться по городу.

Сосредоточение на рассмотрении распространения заболевания коронавирусом в мегаполисе заставляет осмыслить “качество” населения, людского капитала. Будем пользоваться классификацией населения, представленной замечательным учёным, этнологом Львом Николаевичём Гумилёвым. Он предложил три класса людей в составе народа.

1. *Люди с высоким уровнем пассионарности, страстности.* Они характеризуются собственной постановкой цели и неукротимым стремлением достичь

поставленной цели, невзирая на риски и жертвы людей вокруг и риск даже собственной жизнью. Если пассионариев в народе слишком много, то совершаются многие перемены в жизни людей, а кровушка льётся рекой. Неспроста Европа 250 лет назад “выгнала” пассионарных людей – англосаксов в Америку и франков в Канаду – и немного успо-

коилась. Если таких людей становится мало, то народ перестаёт сопротивляться внешним и/или внутренним разрушительным воздействиям.

2. *Гармоничные люди.* Это труженики, созидатели материи, энергии и информации. Это фундамент существования народа, этноса. Каждый из них вполне может и умеет содержать и себя, и семью, и своих стариков. Это социально ответственные люди, сравнительно легко поддаются индукции со стороны пассионариев.

3. *Субпассионарии.* У людей этого сорта нет принципов поведения, действий и принятия решений. Они не умеют и не хотят созидать, не мо-

Чтобы инфекция не распространялась контактно в мегаполисе, все жители его на выходе из дома должны надеть резиновые перчатки. Придя домой, перчатки следует как-то утилизировать. Но самый радикальный приём избежать заражения – самоизоляция, сидеть дома и не шляться по городу.

гут содержать даже себя, а не только семью и своих стариков. Импульсы из спинного мозга управляют в направлении “бей, хватай, беги!”. Это аналог раковой опухоли в живом организме этноса. Источник людей этого сорта – генетика и воспитание. Они великолепно мимикрируют под гармоничных людей и камуфлируют под пассионариев ради халявы. В работах, статьях и книгах Л.Н. Гумилёва приведено множество примеров гибели империй, царств, государств в истории человеческой цивилизации. И у всех примеров одна характерная причина – захват власти и управления этносом субпассионариями.

Интересная деталь, полученная из “Памятки агитатору и пропагандисту” карманного издания в 60-е годы: до октябрьского переворота 1917 г. в партии В.И. Ленина было 24 000 членов. Через 3 (три !!!) месяца стало примерно 250 000 “пламенных революционеров”. Вторая, очень показательная деталь, сообщённая родным дедом внуку-автору. Во время паники и бегства из Москвы в августе 1941 г. весь спуск от Садового кольца к Казанскому вокзалу был усеян партбилетами. Причина – приказ Гитлера своим войскам расстреливать коммунистов на месте.

Примеры субпассионариев сегодня – казнокрады и коррупционеры в органах власти и управления экономикой РФ, владельцы торговых сетей и коммерческих банков (годовая норма прибыли – двигатель их деятельности; а после них – хоть потоп), террористы и мошенники всех рангов и масштабов, взяточники в органах исполнительной и судебной власти, некоторые обыватели. Столицы всех государств во все исторические времена всегда притя-

гивали к себе гениев, таланты, творцов, гармоничных людей и... субпассионариев. Последних в столице было всегда много больше, чем в городах на периферии государств. Обозначим через X численность этого человеческого мусора в мегаполисе. Воспользуемся знаменитым соотношением “80–20”, то есть примем, что сегодня доля субпассионариев в общей численности населения мегаполиса равна $X = 0.2N$. Справедливость этого предположения может дружно уточнить и ФСБ, и МВД, и Счётная палата, и Следственный комитет, и ГИБДД. Вот сколько органов занимаются только тем, что загоняют субпассионариев “под плинтус”.

Коронавирус появился в Москве в виде заражённых пассажиров самолётов из Европы. Эти пассажиры далее расплозились по территории мегаполиса. Так начался рост числа заражённых людей в городе. Транзитные пассажиры заражали другие города. После некоторого шока власти стали принимать различные меры воздействия на население, стремясь замедлить распространение заболевания. В Китае правительство просто организовало слежку за *каждым* жителем (население Китая около $1.5 \cdot 10^9$ человек) и жестоко наказывало за нарушение ограничительных правил поведения. Субпассионарии сразу притихли и затаились, не могли распространять инфекцию. А в Москве ограничительные меры вводились постепенно, в зависимости от “ужас – ужас” ситуации.

Интенсивность влияния ограничительных мер представим в виде какой-нибудь монотонно возрастающей функции, например:

$$F(X, \tau) : (\exp(\alpha X \tau) - 1).$$

Коронавирус появился в Москве в виде заражённых пассажиров самолётов из Европы. Эти пассажиры далее расплозились по территории мегаполиса. Так начался рост числа заражённых людей в городе.

Здесь указаны аргументы функции, тем самым автор во всём обвиняет субпассионариев мегаполиса. Именно они нарушают ограничительные правила по распространению инфекции среди населения мегаполиса. Коэффициент α , помогающий не нарушать законы размерностей, определяется экспериментально. Выбор функции именно в виде экспоненты обусловлен исключительно личным пристрастием автора.

Автор много лет преподавал термодинамику в технических вузах. Получив второе образование на мехмате МГУ им. М.В. Ломоносова и имея врождённое критическое мышление, стал сомневаться в корректности традиционного термодинамического анализа явлений¹. Эти сомнения, оказалось, были подтверждены в очень трудной для восприятия книге С.Д. Хайтуна². Критика оказалась настолько разрушительной, что наступила лёгкая паника – что же делать? Ну, не выбрасывать же в небытие такой могучий и универсальный аппарат исследования? Выход был найден: записывай закон сохранения в виде линейной дифференциальной формы и добейся полноты дифференциала этой формы. Далее, следует применять дисциплину “математический анализ функций многих переменных” в своих технических задачах³.

Автор осознаёт трудность восприятия всего дальнейшего материала. Трудность в том, что термодинамика основана на феноменологии: “Я вот ТАК вижу и понимаю рассматриваемое явление”. Далее работает строгий математический аппарат, а результаты

проверяются экспериментом. Получилась эдакая гремучая смесь произвола в формировании физических представлений со строгостью математики.

Построение линейной дифференциальной формы начинается с осознания, какие внешние воздействия на рассматриваемую систему играют самую существенную роль. Здесь предполагаем, что число заболевших людей $Y(\tau)$ в мегаполисе определяется объективной скоростью заражения и противодействием руководства города распространению инфекции. Пишем закон сохранения числа $Y(\tau)$ заболевших людей:

$$dY = A \left(\frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4S} + \frac{m \cdot u}{W} \right) d\tau - B \frac{\exp(\alpha \cdot 0.2N \cdot \tau) - 1}{Z} dZ. \quad (1)$$

После этой записи феноменология окончилась, начинает работать математический анализ функций многих переменных. Сразу видно, что первый член в (1) уже полный дифференциал. К тому же, нам повезло, так как виден интегрирующий множитель – $(\exp(\alpha \cdot 0.2N \cdot \tau) - 1)$. Умножив обе части уравнения (1) на этот множитель, получаем выражение для полного дифференциала. Мы не будем писать многоэтажные формулы. Сразу запишем результат:

$$\frac{\partial Y}{\partial \tau} = A \left(\frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4S} + \frac{m \cdot u}{W} \right). \quad (2)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial Z} = B \frac{\exp(\alpha \cdot 0.2N \cdot \tau) - 1}{Z}. \quad (3)$$

Следовательно, чем больше заразных людей (n) бродит на улицах мегаполиса и чем больше они трогают (m) твёрдые поверхности, тем линейно больше скорость заражения здоровых людей. Одновременно с увеличением числа субпассионариев ($0.2N$) скорость

¹ Прохоренко Н.Н. Недоумения неопита в термодинамике // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 10.

² Хайтун С.Д. Инвективы против закона возрастания энтропии, усиленные гипотезой о фрактальности вселенной. М.: ЛЕНАНД, 2018.

³ Прохоренко Н.Н. Термодинамика коммерческого банка; Термодинамика... термодинамика чиновника // Энергия: экономика, техника, экология. 2010. № 8, 2020. № 1.

заражения растёт во времени по экспоненте. Из (3) следует, что с уменьшением числа Z здоровых людей скорость роста числа Y заболевших сильно увеличивается. Кажется, на качественном уровне выводы вполне логичны.

Ранее мы выбрали экспоненциальный рост по времени воздействия властей на население города с целью уменьшить скорость распространения инфекции. А в Китае рост воздействия выбрали вообще бесконечно большим (∞) в виде большой ступени по времени.

Рассмотрим смысл понятия *критерий стабильности* в термодинамике. Речь идёт о некоторой системе, находящейся в состоянии равновесия. Это означает, что нет разностей параметров состояния внутри системы. Пусть на систему началось внешнее воздействие через её границу. Равновесие нарушается. Конечно, система начинает изменяться, стремясь к новому состоянию равновесия. Характерно, что в процессе этого изменения система всегда стремится нейтрализовать внешнее воздействие, ослабить его. Применительно к нашей проблеме критерий стабильности термодинамики проявляется в том, что заражаются преимущественно субпассионарии. Далее, они или умирают, или выздоравливают и приобретают защитную иммунную систему организма. Иными словами, число источников и разносчиков инфекции уменьшается, а распространение вируса в городе ослабевает. Матушка Природа защищает очень эффективно. И формально математически можно убедиться, что для полного дифференциала критерий стабильности ≥ 0 .

Натуральные масштабы процесса.

Рассмотрим процесс распространения вируса с позиции теории натуральных масштабов⁴. Вводим в рассмотрение

масштаб искомой функции Y_* , масштабы аргументов τ_* и Z_* . Обезразмерим уравнение (1) на эти масштабы и запишем систему определительных уравнений. Получим выражения натуральных масштабов через первичные переменные задачи (масштаб Z_* в (1) произволен).

$$\tau_* = (\alpha \cdot 0.2N)^{-1} \text{ дней,}$$

$$Y_* = A \left(\frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4S} + \frac{m \cdot u}{W} \right) (\alpha \cdot 0.2N)^{-1}$$

и $Y_* = B$ людей с вирусом.

Первый масштаб – времени – отражает влияние ограничительных мер на население мегаполиса. Второй масштаб – искомой функции – показывает влияние субпассионариев на скорость распространения инфекции, третий – влияние ограничительных мер. Принимаем решение окончательно выбрать первый и третий масштабы всей задачи, тогда образуется критерий подобия

$$\frac{A}{B} \left(\frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4S} + \frac{m \cdot u}{W} \right) (\alpha \cdot 0.2N)^{-1}.$$

Физический смысл критерия подобия – мера отношения влияния субпассионариев на распространение инфекции к влиянию ограничительных мер руководства города. Если этот критерий станет $\leq 10^{-n}$, $n = 1, 2, 3, \dots$, то ограничительные меры достигли своей цели задавить распространение инфекции в мегаполисе. Наконец, за время $T = 10^n \cdot \tau_*$ дней, при $n = 1, 2, 3, \dots$, наступит состояние равновесия (см. сноску 4), то есть образуется вожденное “плато” – скорость роста числа заболевших станет равной нулю. Чтобы перейти к количественным оценкам, следует экспериментально определить первичные параметры в (1). Здесь автор традиционно говорит ЧТО делать, а вот КАК – дело научных работников различных ведомств.

⁴ Прохоренко Н.Н. Метод натуральных масштабов. Приложение к научно-исследовательским и инженерным задачам. Калуга: изд-во Бочкаревой Н.Ф., 2006.