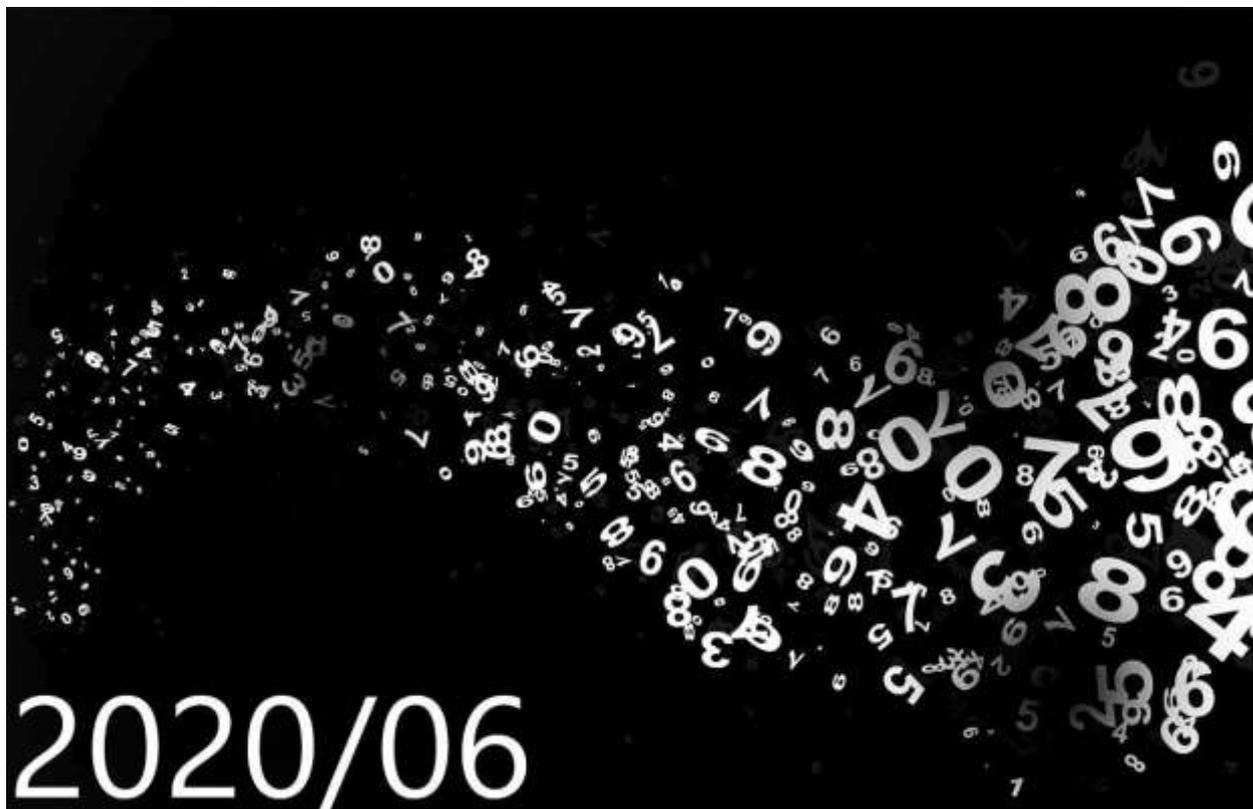


Несоблюдение температурных условий при перевозках скоропорта (часть 1)



Во время многочисленных дискуссий в отношении обеспечения качества скоропортящихся грузов при перевозке железнодорожным транспортом выяснилось, что ни у кого нет объективных данных. Это печальное обстоятельство делает возможными самые полярные заявления, от "нет проблем вообще" до "все плохо настолько насколько только возможно". Не стоит объяснять, что споры в таких обстоятельствах не рожают истину, а только обостряют и без того острые конфликты. А потому необходимо разобраться в этом вопросе и дать не только эмоциональную оценку, но и по возможности количественную. Последняя может стать удобным инструментом отслеживания ситуации с обеспечением качества перевозимых скоропортящихся грузов во времени, что позволит принимать взвешенные и обоснованные управляющие решения.

Итак, расскажу, что сделано и что предстоит.

Like big data

Поскольку целью исследования является не поиск виновных, а установление положения дел близкого к реальному с общей количественной оценкой, целесообразно принять на вооружение принципы из big data, а именно:

- используем обезличенные данные (никаких номеров вагонов и накладных, наименования грузоотправителя, оператора и собственника)
- делаем ряд допущений, которые не могут быть применены при анализе конкретной перевозки, но при усреднении на основании большого массива данных делают эти допущения обоснованными (например, при моделировании движения вагона на маршруте перевозки принимаем его скорость постоянной и вычисляемой как среднее значение; то же касается определение расчетного влияния солнечного излучения и еще ряда параметров)
- блох не ловим, а потому недостающие данные игнорируем, исключая их из исследования
- возникающие в процессе обработки данных ошибки, если они не носят системного характера и не могут быть устранены быстрыми методами, также игнорируем, исключая и эти данные из исследования.

В общем масштабируем все что поддается масштабированию, сводя трудоемкие ручные операции (да, они, увы, существуют и приходится с ними считаться) к приемлемому уровню. Результат, конечно, не будет отличаться запредельной точностью, но должен отражать реальность в общей количественной оценке.

Объект исследования и источник данных

Объектом исследования является соблюдение требуемых температурных условий при перевозках скоропортящихся грузов. Речь идет фактически о соблюдении требований стандартов на пищевые продукты в отношении температуры их хранения. Напомню, что температура хранения и срок годности не существуют друг без друга, и в случае несоблюдения температуры хранения (перевозки) в заданном диапазоне срок годности должен быть пересмотрен. По крайней мере так в теории (подробнее об этом смотри [тут](#)). В любом случае, качество пищевого продукта, понимаемое как совокупность его характеристик, заявленных производителем, не будет соответствовать в течение всего срока годности, если заданные температурные условия не соблюдены.

Важно понимать, что в настоящем исследовании не устанавливается процент порчи груза. Когда мы говорим о несоблюдении температурных условий, речь именно о температурном воздействии, оказываемом на груз. Разумеется, это воздействие не осуществляется одновременно на всю массу перевозимого груза, это попросту невозможно в силу значительной теплоемкости самого груза (его тепловой инерции), особенностям его укладки, а также характеру теплопереноса внутри штабеля груза. Но не стоит преуменьшать риск несоблюдения температурных условий - если они не соблюдаются в процессе перевозки, это

обязательно скажется на температуре груза и его качестве (вопрос только каким образом).

К сожалению, готовые данные по температурным условиям в кузове конкретного транспортного средства при конкретной перевозке отсутствуют. Однако по термосам и неспециализированным транспортным средствам они могут быть установлены расчетными методами (подробнее смотри [тут](#), [тут](#) и [тут](#)). По рефрижераторам объективные данные по соблюдению температурных условий не могут быть получены без [кучи дополнительной информации](#), которая неизвестна в настоящее время. Мониторинг также в настоящее время не реализован и работы в этом направлении [не отличаются научным подходом](#). Потому рефрижераторы пока опустим совсем (когда-нибудь хочу надеяться получу объективную картинку и по ним), а в качестве исходных данных по крытым и термосам воспользуемся данными ГВЦ (другого не дано).

Объем данных и масштаб исследования

Взяты только вагоны во внутреннем сообщении по прибытию за июнь 2020, при этом сборный груз не учтен. Причина почему только вагоны и только за один месяц проста и банальна - только по ним расчет на двух компах одновременно продолжался более 12 часов. Когда я открыл файл по контейнерам (он у меня открывался только больше минуты в Excel) стало понятно, что это требует более серьезных вычислительных мощностей, чем я располагаю.

Кроме того, поиск ЕСП попутных станций между точками отправления и прибытия вагонов осуществлялся в полуручном режиме, когда данные формировались в [программе Полюс](#) (спасибо Матусовскому С.Ю.), но далее копипастились вручную. При выбранном масштабе задачи это было около 600 уникальных направлений, что заняло несколько дней работы моего помощника (по несколько часов в день).

Сборный груз я исключил через соответствующий код в ГНГ по следующим причинам:

- надо было писать не очень простой скрипт, который подбирает бы все фрагменты грузов по конкретной отправке и делал бы это корректно
- грузы могли иметь различные температурные условия хранения, различную начальную температуру (актуально для перевозки в режиме "термос"), что потребовало бы столь значительного упрощения (данных-то в ГВЦ по этим параметрам попросту нет), что мне показалось будет проще их исключить.

Экспорт, импорт и транзит исключил не в последнюю очередь по причине поиска данных по температурам за июнь 2020. Если по российским реперным метеостанциям есть актуальные источники, то за пределами РФ все не так однозначно.

Данные о перевозках

Какие данные о перевозках получены? Не такие обширные, но в целом достаточные, чтобы сделать количественную оценку по крытым и термосам в соответствии с принципами, о которых мы написали выше. Это код условного типа вагона, ЕСТНГ груза, дата отправления (приема груза к перевозке) и дата окончания перевозки, ЕСП станций отправления и назначения, масса груза в вагоне. Все остальное принимаем как расчетные параметры.

Расчетные параметры

Вагоны

Параметры вагонов привязаны к условному типу:

```
% Исходные данные (условный тип | т-файл | тип (1 - крытый, 2 - термос, 3 -
% рефрижератор)):

DATA = {...

    [202, 206, 208, 211, 382, 5201, 5204, 5205, 5206, 5209, 5211], ...

    'ukv__11_280_dis', 1; ...

    [800, 5800], ...

    'vt__16_6894__040', 2; ...

    [801, 5952], ...

    'baltika_16_6935__040', 2; ...

    [803], ...

    'azovmash_16_1807_04__040', 2; ...

    [918, 5918], ...

    'ivt_rs5_small_napresh_2012', 2; ...

    [366, 5366], ...

    'raket_15t56_kmz', 2; ...
```

```

[818], ...

'', 3; ... % АРВ без служебного помещения с длиной кузова 21 м

[840, 5830, 5872], ...

'', 3; ... % грузовой вагон от 5-вагонной секции БМЗ

[842, 5842], ...

'', 3 ... % грузовой вагон от 5-вагонной секции ЦБ-5

};

```

Нетрудно увидеть, что все крытые я усреднил к модели 11-280, поскольку эта модель в настоящее время массово эксплуатируется и параметры ее кузова как раз находятся посередине между крытыми большого объема и малого. Расчетные параметры кузова, которые я принял, представлены ниже:

```

% Коэффициент поглощения поверхности (стены и крыша транспортного средства)

% при действии коротковолновой солнечной радиации:

as1 = 0.8;

% Коэффициент поглощения поверхности (пола транспортного средства) при

% действии длинноволнового (теплого) излучения от железнодорожного

% полотна:

as2 = 0.9;

% Коэффициенты излучения поверхности стен и крыши (eps01) и пола (eps02)

% транспортного средства длинноволновым излучением (тепловое излучение):

eps01 = 0.91;    eps02 = 0.91;

% Расчетный коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности кузова

% транспортного средства, Вт/(м*град.):

alpha_v = 8;

```

```

% Площади поверхностей, кв.м., подверженных действию солнечной радиации или
% тепловому излучению от железнодорожного полотна:

x = log(2) / log(pi / 2); % эмпирический параметр

% площадь наружной поверхности крыши:

F_kr = L_n * 2 * ((B_n / 2) ^ x + (H_n - h_n) ^ x) ^ (1 / x);

% площадь наружной поверхности боковой стены:

F_st = L_n * h_n;

% площадь наружной поверхности пола:

F_pol = L_n * B_n;

% Габаритные размеры транспортного средства, м:

L_n = 15.750; % длина

B_n = 2.790; % ширина

h_n = 2.915; % высота по боковой стенке

H_n = 3.323; % высота по продольной оси

% СХЕМА ВНУТРЕННЕЙ ОБШИВКИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

% Продольные стены:

% -----

% | Название | Толщина | Теплопроводность | Теплоемкость | Плотность |
% |   слой   |   м     | Вт*(МК)          | кДж/(кгК)    | кг/куб.м. |
% -----

% Продольная стена и крыша:

```

```

cover_st_kr = { ...

'Метал. обшивка', 0.003 ,      58      ,      0.450      ,      7800; ...

'Фанер. подшив' , 0.000 ,      0.29      ,      1.100      ,      800 ...

};

% Пол:

cover_pol = { ...

'Дерев. настил' , 0.055 ,      0.23      ,      1.700      ,      700 ...

};

% Вес, кг, металлической обшивки в стенах и крыше, подверженных
% рассматриваемому тепловому воздействию:

G_met_krst = (F_kr + F_st) * cover_st_kr{1, 2} * cover_st_kr{1, 5};

% Вес, кг, фанерного подшива в стене, подверженной рассматриваемому
% тепловому воздействию:

G_fan_krst = (F_kr + F_st) * cover_st_kr{2, 2} * cover_st_kr{2, 5};

% Вес, кг, деревянного настила в полу:

G_der_pol = F_pol * cover_pol{1, 2} * cover_pol{1, 5};

% Расчетный вес, кг, кузова транспортного средства, подверженного
% рассматриваемому тепловому воздействию:

G_k = G_met_krst + G_fan_krst + G_der_pol;

% Расчетная теплоемкость кузова, кДж/(кгК):

C_k = sum(G_met_krst * cover_st_kr{1, 4} + ...

```

```

G_fan_krst * cover_st_kr{2, 4} + ...
G_der_pol * cover_pol{1, 4} ) / G_k;

```

По термосам всего 5 принципиальных типов:

1) Немецкие вагоны-термосы (или как специалисты их называют "родные" вагоны-термосы), значительная часть которых в настоящее время модернизирована в модель 16-6894, при этом мероприятия по термоизоляции кузова в соответствии с ТУ на модернизацию не предусматривались и, соответственно, не выполнялись (это я к реальному значению коэффициента К):

```
% Общий коэффициент теплопередачи кузова (коэффициент К), Вт/(кв.м.К):
```

```
K_sum = 0.40;
```

```
%{
```

```
предвижу вопрос почему не 0,25:-) потому что нам ехать, а не шашечки.
```

```
Вообще, кто-нибудь осмелится мне доказать 0,25? :-) Вперед, если есть такие
```

```
%}
```

```
% Наружные размеры теплоизолирующих ограждений кузова, м:
```

```
L_e = 21.000; % длина [ТУ 3182-001-17016910-2015, табл. 5]
```

```
B_e = 3.094; % ширина [ТУ 3182-001-17016910-2015, табл. 5]
```

```
% Внутренние размеры теплоизолирующих ограждений кузова, м:
```

```
h_nr = 0.100; % высота напольных решеток, м
```

```
H_i = 2.400 + h_nr; % высота по боковой стене
```

```
HH_i = 2.965; % высота по центральной продольной оси
```

```
% Схемы теплоизолирующих ограждений кузова, м [Эксплуатационная
```

```
% документация на вагон-термос модели ТН 4-201-90, с. 6-8]. Указаны толщины
```

```
% элементов:
```

D_BS = [...

0.00125; ... % стальной лист с горизонтальными гофрами

0.19400; ... % ППУ

0.00075; ... % "Экоталь" (оцинкованный стальной лист)

0.00020; ... % пластмассовая пленка

0.00150 ... % стальной лист ограждающей стенки с верт. гофрами

]; % боковая стена

D_TS = [...

0.00125; ... % стальной лист с горизонтальными гофрами

0.20000; ... % ППУ

0.00075; ... % "Экоталь" (оцинкованный стальной лист)

0.00020 ... % пластмассовая пленка

]; % торцевая стена

D_P = [...

0.004; ... % слоистый стеклопластик

0.185; ... % ППУ

0.002; ... % слоистый стеклопластик

0.018; ... % фанера водостойкая клеенная

0.004 ... % резина

]; % пол

D_K = [...

0.00125; ... % стальной лист с продольными гофрами

```

0.20000; ...      % ППУ

0.00075; ...      % "Экоталь" (оцинкованный стальной лист)

0.00020 ...      % пластмассовая пленка

]; % крыша

% Недостающие наружные размеры теплоизолирующих ограждений кузова, м:

H_e = H_i + sum(D_P); % высота по боковой стене

HH_e = HH_i + sum(D_P) + sum(D_K); % высота по центральной продольной оси

% Недостающие внутренние размеры теплоизолирующих ограждений кузова, м:

L_i = L_e - 2 * sum(D_TS); % длина

B_i = B_e - 2 * sum(D_BS); % ширина

% Расчетная площадь теплопередающей поверхности кузова, кв.м.:

F_sr_geom = heat_transfer_square(ps_type, [L_e ,   L_i ], ...

                                         [B_e ,   B_i ], ...

                                         [H_e ,   H_i ], ...

                                         [HH_e ,   HH_i]);

```

2) Вагоны-термосы ООО "Пивоваренная компания "Балтика".



Испытания вагонов 16-6935 и 16-6935-01 в 2018

По ним я исходил из следующей логики. Эти вагоны сейчас могут быть представлены четырьмя моделями (11-280-26, 11-1807-31, 16-6935 и 16-6935-01), из них две последние - плод модернизации, начатой в 2016 году (соответственно, по 2 модели в каждой группе - в зависимости от базовой модели крытого вагона - 11-280 или 11-1807). Термоизоляция кузова всех четырех моделей устроена совершенно одинаково, при модернизации кузов не трогали.

Реальное состояние термоизоляции нам хорошо известно, потому что это единственный парк термосов, который систематически обследовался. НИИАС в период с 2014 по 2018 осуществлял выборку вагонов по худшим условиям эксплуатации и проверял не менее 1% парка в межремонтные периоды (последние испытания правда были проведены в декабре 2018 года, но не думаю, что за 2 прошедших года Балтика что-то жесткое натворила со своими вагонами). Итак, по вагонам Балтики были приняты следующие параметры:

% Общий коэффициент теплопередачи кузова, Вт/кв.м.К:

$K_{sum} = 0.40$; % [по обобщенным результатам теплотехнических испытаний]

% Расчетные внешние размеры ограждений грузового помещения вагона, м:

$L_e = 15.750$; % длина [ТУ 3182-032-01124336-2016 + 6 мм на толщину обшивки]

$B_e = 2.790$; % ширина [ТУ 3182-032-01124336-2016 + 6 мм на толщину обшивки]

$H_e = 2.915$; % высота по боковой стене

$HH_e = 3.3234$; % высота по центр. прод. оси

% Расчетные внутренние размеры теплоизолированного контура кузова вагона,

% м: (размеры грузового помещения без учета гофр), м:

$L_i = 15.467$; % длина [ТУ 3182-032-01124336-2016]

$B_i = 2.480$; % ширина [ТУ 3182-032-01124336-2016]

$H_i = 2.640$; % высота по боковой стене

$HH_i = 3.087$; % высота по центр. прод. оси

% Площадь среднегеометрической, а также наружной (F_e) и внутренней (F_i)

% поверхности кузова, кв.м.:

$[F_{sr_geom}, F_e, F_i] = \text{heat_transfer_square}(ps_type, \dots$

$[L_e L_i], [B_e B_i], [H_e H_i], [HH_e, HH_i]);$

3) Вагоны-термосы модели 16-1807-04.



Испытания опытного образца 16-1807-04 в апреле 2013

В 2013 году НИИАС испытывал опытный образец этого вагона и получил очень хороший результат - 0,25 Вт(кв.м.К). Изготавливал этот вагон ПАО "АЗОВОБЩЕМАШ". Учитывая нелегкую дальнейшую судьбу этого проекта и

отсутствие данных по качеству серийного производства в настоящее время, не рискнул заложить в расчет 0,25. Потому перестраховался и заложил 0,40 (верхняя граница соответствующей категории по СПС). Вообще этих вагонов очень немного и даже если я не прав, общей картины это не поменяет в настоящее время.

$K_{sum} = 0.40$; % общий коэффициент теплопередачи, Вт/кв.м.К

$F_{sr_geom} = 228.7$; % [отчет о предварительных испытаниях]

PS: Для чего я все это привожу? Если этот материал будут читать профильные специалисты, буду рад уточнению моей информации

4) Вся обширная группа ИВ-термосов.



Испытания ИВ-термоса в 2018

Их реально очень много (в свое время было выпущено около двух десятков ТУ по переоборудованию рефрижераторных вагонов в термосы) и с ними конечно полный бардак... Никто их никогда не освидетельствовал по теплотехническим характеристикам, чтобы это были исследования, заслуживающие называться научными... От НИИАС эти вагоны все время ускользали, за все время я испытал всего несколько ИВ-термосов и получил результаты в столь широком диапазоне (К от 0,49 до 0,67), что затрудняюсь даже их научно интерпретировать. Единственная оценка, которую я могу предложить, - верхняя граница допустимого по СПС диапазона для такого типа транспортных средств - 0,70. В плане конструкции кузова (определяет площадь его теплопередающей поверхности) заложил данные по кузовам грузовых вагонов от секций РС5 постройки БМЗ с сохраненной перегородкой между грузовым помещением и служебным отсеком.

5) Ракетовозы модели 15Т56. Интереснейший советский проект (наверное, как-нибудь напишу о нем отдельно), который в нулевые годы стал уродцем еще более загадочным, чем ИВ-термосы. Формально это изотермический вагон с жидкоазотным охлаждением. Реально же, по моей информации, никакого жидкоазотного охлаждения по факту там нет в настоящее время, а эксплуатируются они именно как термосы. Причем, по информации ФГУП "КМЗ", которые якобы испытывали его (хотя непонятно как и каким оборудованием, но опустим), коэффициент К у этого вагона очень высокий - 0,77 Вт/(кв.м.К). За неимением другой информации этот К и был заложен в расчет. Поправьте, если у кого есть более актуальная и доказуемая информация.

Грузы

Расчетные параметры грузов приняты на основании нормативной документации на пищевые продукты и соотнесены с соответствующими кодами ЕТСНГ (да простит нас big data;-)

```
% Исходные данные (коды ЕТСНГ | т-файл | [ниж. темп-ра, верх. темп-ра] |
```

```
% необх. вентилирования (1 - требует вентилирования)):
```

```
DATA = {...
```

```
    [56101 56102 56103 56105 56109], ...
```

```
    'govyadina_jil_block__j20_b15__gost54704_2011', [-Inf, -8], 0; ...
```

```
    [56111 56112], ...
```

```
    'svinina_jil_block__j70_b5__gost54704_2011', [-Inf, -8], 0; ...
```

```
    [56110], ...
```

```
    'gus_chetvertina_zad__gost54675_2011', [-Inf, -12], 0; ...
```

```
    [56114], ...
```

```
    'subprod_mejsosk_block__gost54366_2011', [-Inf, -12], 0; ...
```

```
    [56305], ...
```

```
    'shpik_vengersk__gostr55485_2013', [-Inf, -8], 0; ...
```

[56303], ...

'jir_govyazh_gostr25292_822', [-Inf, -12], 0; ...

[57208 57213], ...

'losos_vl642', [-25, -18], 0; ...

[57308 57311], ...

'seld_tihookeansk_jirn_krepkosol_gost815_2004', [-8, 0], 0; ...

[55301], ...

'maslo_sliv_trad_nesol_vl16', [-18, -3], 0; ...

[55303], ...

'jir_molochnyi', [-18, 5], 0; ...

[55304], ...

'sbrinz41', [-4, 6], 0; ...

[55404 55405], ...

'margarin_jir82', [-20, 15], 0; ...

[55401 55402 55403], ...

'jiry_gost28414_89', [-20, 15], 0; ...

[58116 58131], ...

'mayonez_jir72', [0, 18], 0; ...

[58111], ...

'konservy_losos_maslo23', [0, (15 + 20) / 2], 0; ...

[58135], ...

'konservy_svin_jirn_gost31478', [0, (20 + 25) / 2], 0; ...

[58110 58102 58117 28123 28128 58129 58112], ...

'konservy_ikra_iz_svekly', [0, (20 + 25) / 2], 0; ...

[58109 58119], ...

'slivki_sgush_s_sahar_jir19', [0, 20], 0; ...

[55101 55102 55207 55208], ...

'slivki_jir42', [2, 25], 0; ...

[55202 55203 55206 55209 55211], ...

'prod_yogurt_s_kompon_jir10', [2, 25], 0; ...

[58402 58403 58404 58406 58407 58408 59503 59505 59506], ...

'sok_vinograd_suh16', [0, 25], 0; ...

[58401], ...

'sok_konc_suh70', [0, 25], 0; ...

[58405], ...

'sok_plodyag_spirt25', [0, 20], 0; ...

[59202], ...

'pivo_svetloe_spirt8_rev1', [5, 25], 0; ...

[59501], ...

'voda_mineral_lechebn_miner15', [5, 20], 0; ...

[60201], ...

'voda_pitevaya', [2, 20], 0; ...

[59504], ...

'napit_gazir_sladky_tarhun', [0, 18], 0; ...

[59502 59105 59507], ...

'napit_energet_slaboalk', [0, 25], 0; ...

[59101 59102 59104], ...

'vino_liker_spirit22_uglev20_rev1', [5, 20], 0; ...

[59301 59302], ...

'vodka__krep56', [-15, 30], 0; ...

[59304 59305 59306 59307 59308 59309 59310], ...

'balzam__krep45__ekstr400', [10, 25], 0; ...

[55501 55502], ...

'yaico_kurinoe_pisch_stol', [0, 20], 0; ...

[58118], ...

'jeltok_kuriny__gost30363_2012', [-Inf, -12], 0; ...

[56401], ...

'albumin_moloch_suh30__gostr53493_2009', [-Inf, -10], 0; ...

[51507], ...

'moloch_sahar__gost33567_2015', [-Inf, 20], 0; ...

[46406], ...

'kazein__gost31689_2012', [-Inf, 25], 0; ...

[04302], ...

'', [3, 14], 1; ...

[51303, 51305], ...

'etsng51303', [13, 23], 0; ...

```
[51403], ...  
  
'etsng51403', [0, 20], 0; ...  
  
[51405], ...  
  
'etsng51405', [15, 21], 0; ...  
  
[51410], ...  
  
'etsng51410', [0, 25], 0; ...  
  
[51417], ...  
  
'etsng51417', [-20, 12], 0; ...  
  
[51660], ...  
  
'etsng51660', [0, 20], 0; ...  
  
[55409], ...  
  
'etsng55409', [-Inf, 28], 0; ...  
  
[55412], ...  
  
'etsng55412', [-Inf, 25], 0; ...  
  
[57309], ...  
  
'etsng57309', [-Inf, 20], 0 ...  
  
};
```

Перечень далеко не полный, но для данного исследования достаточный. Границы температурных условий обобщены в соответствии с известными ГОСТ на соответствующие пищевые продукты. При этом, если в одну группу кодов ЕТСНГ попадают грузы с различными диапазонами температур хранения, принимаем максимальный диапазон (чтобы нас не обвиняли в предвзятом исследовании). Упаковка игнорируется, то есть начальное теплосодержание груза (актуально при перевозке в режиме "термос") максимальное из возможных. Расчетная удельная теплоемкость определяется по известным в хладотранспорте формулам в зависимости от принятого состава продукта, содержания в нем влаги, значения

криоскопической температуры (для замороженных). Подробно останавливаться на этом сейчас не буду.

Температуры наружного воздуха

Был написан нехитрый скрипт и осуществлена выборка с сайта [Погода и климат](#) данных по фактической среднесуточной температуре наружного воздуха по 484 метеостанциям, находящимся на территории СНГ, а также в Грузии и в странах Балтии, за июнь 2020 и ряд предшествующих месяцев (поскольку перевозка могла начаться и в мае, и даже в апреле). Данный сайт берет информацию с централизованных серверов Росгидромета, но мне было проще стащить информацию у Погоды и климата, чем разбираться с запросами к базе данных Росгидромета.

Общая методология исследования

В основе методологии лежит мое диссертационное исследование. Непосредственно по данной части методологии в ближайшее время выйдет ряд моих публикаций. После выхода я их размещу в телеграм-канале.

Каждый прибывший в июне 2020 года вагон со скоропортом подвергаем следующему анализу:

1. Если это рефвагон - игнорируем, потому как нет в настоящее время возможности оценить обеспечение в нем температурных условий
2. Если перевозимый груз требовал вентилирования (например, свежие плодоовощи), но перевозился в вагоне-термосе, не имеющем устройств для вентилирования, считаем такую перевозку полным несоответствием. PS: Таких перевозок мною не выявлено. PPS: Не всякий крытый вагон в настоящее время имеет устройства для вентилирования (но это тема отдельного исследования, пока принял, что во всех крытых вагонах такая возможность есть)
3. Если перевозка осуществляется в крытом вагоне, считаем, что температурные условия в нем соответствуют расчетной температуре наружного воздуха и изменяются вместе с ней в процессе движения вагона. Влияние солнечной радиации учитываем как описано [тут](#), но суммируем ее воздействие за световой день (среднее значение широты вычисляется для каждого участка пути) и усредняем его за сутки, то есть 24 часа (чтобы данные были сравнимы со среднесуточными значениями температуры). При этом ослабление солнечного излучения за счет облачности учитываем соответствующим коэффициентом, который принимаем равным в среднем 0,5 (50% облачности). Вообще этот коэффициент можно рассчитать для конкретной перевозки на основании данных Росгидромета по часовым баллам облачности и продолжительности солнечного сияния, но тогда требуются еще многократно большие вычислительные мощности,

коими я не обладаю. Увеличение коэффициента теплоотдачи от наружной поверхности кузова, связанного с движением вагона, принимал для средней скорости движения на каждом участке пути. Расчетный угол оси вагона и меридиана также принимал как среднее значение для каждого участка пути. PS: Средний прирост температуры внутри кузова составил по итогу не более 4 градусов (в пиковый час при 0% облачности это могут быть совсем другие значения - вплоть до плюс 55 градусов под крышей вагона, но цель исследования не в установлении экстремальных воздействий, а в общей, то есть средней, оценке обеспечения заданных температурных условий)

4. Для крытых вагонов расчетные температурные условия внутри кузова накладываем на допустимые границы температурных диапазонов хранения перевозимого груза. Если расчетная температура внутри кузова вагона в анализируемые сутки находится внутри указанного диапазона, считаем, что температурные условия соблюдены. Если за их пределами - вычисляем долю этих суток в общей продолжительности перевозки, а также вычисляем абсолютную величину отклонения (от ближайшей нарушенной границы температурных условий).
5. Если перевозка осуществляется в вагонах-термосах, определяем средневзвешенное значение температуры наружного воздуха и рассчитываем предельный срок перевозки (t_{aup}), а степень (относительную продолжительность) несоответствия определяем по формуле: $w = 1 - (t_{aup} / t_{aудост})$, если $t_{aup} < t_{aудост}$, и 0 в противном случае, где $t_{aудост}$ - продолжительность доставки (по фактическим данным ГВЦ). При этом устанавливаем режим максимального доверия к действиям грузоотправителя (чтобы никто не обвинил данное исследование в предвзятости и сгущении красок), принимая, что начальная температура груза соответствует самой низкой границе допустимого температурного диапазона (исключение - замороженные грузы, для которых температура предъявления принята равной минус 18 градусов; при этом по рыбе мороженой - минус 25 градусов), все тепловые потери груза на стадии погрузки компенсируются грузоотправителем. Очевидно, на практике все далеко не так...

По результатам анализа по каждой строке данных (отдельная отправка груза в одном вагоне) получаем долю времени перевозки, когда заданные температурные условия не обеспечивались; по крытым вагонам кроме того получаем средний выход температуры за установленные границы (вообще говоря, по термосам эту цифру тоже можно получить, но оставим это для будущих исследований). Эти данные могут быть усреднены по типам вагонов, отдельным грузовым позициям - как угодно одним словом. И на основании этого усреднения мы можем получить некую обобщенную относительную (в процентах) оценку.

Результаты расчетов

Исходные данные (обезличенные) и результаты расчетов представлены [тут](#) [Excel, 522 kB]. Результаты (включая промежуточные) определения расчетных температур наружного воздуха, температур внутри кузова крытого вагона, а также предельных сроков перевозки в режиме "термос" представлены в структурном массиве [тут](#) [Matlab, 181 MB]. Поля массива следующие:

```
RESULT - выходной структурный массив, каждая запись которого (с номером, соответствующим номеру строки в исходных данных) содержит исходные и промежуточные данные по каждой перевозке, с полями:
```

- .wagon_type - код условного типа вагона, скаляр;
- .load - количество груза в вагоне, т;
- .esr_id_st - ЕСП-код станции отправления (без контрольного числа);
- .esr_id_fin - ЕСП-код станции назначения (без контрольного числа);
- .date_st - дата приема груза к перевозке, текстовая строка в формате 'ДД.ММ.ГГГГ';
- .date_fin - дата окончания перевозки, текстовая строка в формате 'ДД.ММ.ГГГГ';
- .etsng - код ЕТСНГ груза (без контрольного числа);
- .nonconf - доля (по времени перевозки) несоблюдения заданных температурных условий;
- .nonconf_t* - средняя абсолютная величина выхода температуры внутри кузова за установленные для груза пределы, гр. Цельсия;
- .t_n** - расчетная температура наружного воздуха при перевозке груза в режиме "термос", гр. Цельсия;

.TAU_PRED** - предельный срок перевозки груза в режиме "термос"
с промежуточными данными, структурный массив, поля
которого не буду расшифровывать, поскольку не
специалистам они мало о чем скажут, но итог, кому
интересно лежит здесь: RESULT.TAU_PRED.tau_pred;

.T - структурный массив размерностью [I,1], где I -
количество метеостанций на маршруте перевозки, каждая
запись которого содержит следующие исходные и промежуточные
данные, с полями:

.vmo - 5-значный индекс метеостанции по ВМО, скаляр;

.name - наименование метеостанции, текстовая строка;

.lat - широта расположения метеостанции в градусах
(от -180 до +180), скаляр;

.lon - долгота расположения метеостанции в градусах
(от -90 до +90), скаляр;

.D - структурный массив, каждая d-я запись которого
соответствует одному дню (по местному солнечному
времени) выборки данных, с полями:

.dstr - d-е сутки в формате dd-mmm-yyuu, строка;

.tm - расчетная (среднесуточная) температура
наружного воздуха за d-е сутки, гр.
Цельсия, скаляр;

`.ELSEG` - числовая матрица, в столбцах которой
сохранены широта и долгота (столбцы 1 и
2 соответственно) точек, ограничивающих
привязанные к метеостанции
элементарные отрезки за d -е сутки, а
также отметки времени (по МСК - столбец
3, и местному солнечному времени -
столбец 4) в формате `serial date Matlab`
их расчетного проследования грузом;

`.dtbeg` - отметка времени входа на
рассматриваемый участок (по местному
солнечному времени) в формате `serial`
`date`;

`.dtend` - то же, выход с рассматриваемого участка
(по местному солнечному времени);

`.dtbeg_msk` - то же, что `.dtbeg`, но по
московскому времени;

`.dtend_msk` - то же, что `.dtend`, но по
московскому времени;

`.imp` - доля рассматриваемой записи в `.D` от
полных суток (по времени проследования),
скаляр в диапазоне (0; 1);

.lat* - средняя широта местности, град.;

.v* - средняя скорость движения груза, км/час;

.pi* - средний угол между осью вагона и
меридианом, град.;

.t_v* - расчетная температура внутри кузова, гр.
Цельсия;

.nonconf* - доля (от времени перевозки)
несоблюдения заданных температурных
условий;

.nonconf_t* - абсолютная величина выхода
температуры внутри кузова за
установленные для груза пределы,
гр. Цельсия;

ПРИМЕЧАНИЕ - звездочкой обозначены поля, которые создаются в случае
крытого вагона универсального назначения, двойной
звездочкой - в случае вагона-термоса; структурный
массив .T создается только в случае крытого вагона или
вагона-термоса

Результаты анализа, который был выполнен:

1) Крытые вагоны:

- всего перевозок с нарушениями заданных температурных условий: 84,1 % от проанализированного
- то же, по массе груза (нам же качество груза важно, а не сами по себе перевозки): **83,7 %**
- средневзвешенный выход температуры за установленные границы: 4,2 гр. Цельсия (не много, но в зимний период, уверен, картинка будет сильно отличаться в худшую сторону; при этом, не забываем, что был включен режим максимальных предпочтений в пользу грузоотправителя)
- средняя относительная продолжительность нарушения температурных условий (относительно средней продолжительности груженого рейса): **65,0 %** (то есть в среднем больше половины времени груженого рейса перевозимый груз находится в температурных условиях, несоответствующих заданным)

2) Вагоны-термосы:

- всего перевозок с нарушениями заданных температурных условий: 11,4 % от проанализированного
- то же, по массе груза: 12,1 % (скажем честно, не очень большой процент, но не забываем о всех тех сказочных предпочтениях к действиям грузоотправителя, игнорировании упаковки груза, а самое главное - чрезвычайно благоприятном месяце для всевозможных консервов, пива и т.п.)
- средняя относительная продолжительность нарушения температурных условий: 59,5 % (то есть если нарушаем, то уже нарушаем не хило)

Все то же самое выделил по пресловутой рыбе мороженой в термосах. И тут, конечно, картина ужасная:

- всего перевозок с нарушениями заданных температурных условий: 98,8 % от проанализированного
- то же, по массе груза: **98,8 % (!)**
- средняя относительная продолжительность нарушения температурных условий: 64,2 %

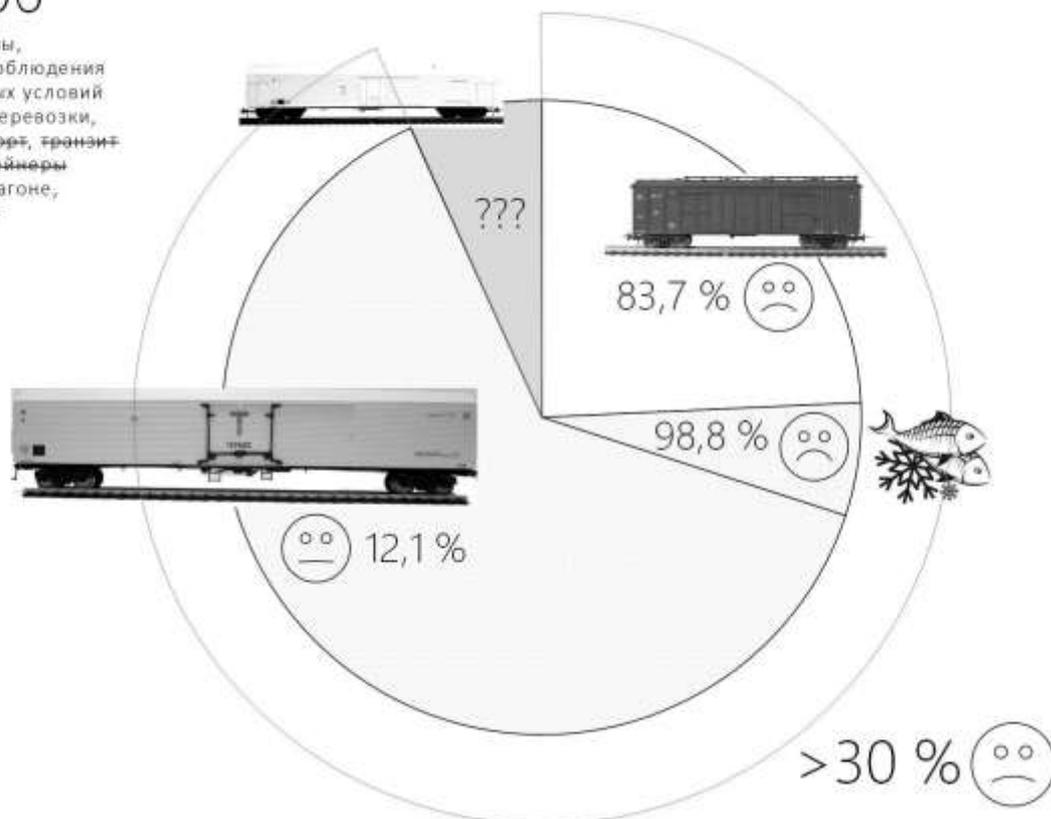
По рыбе комментарии излишни. Все и так понятно, что рыба в нынешних термосах в летний период ехать НЕ ДОЛЖНА. От слова совсем.

Если усреднить полученные данные, можно констатировать, что более 30 % скоропорта по массе было перевезено в июне 2020 года в крытых вагонах и вагонах-термосах с несоответствием температурных условий требуемым. **То есть каждый третий отправленный вагон.**

Следуя моде представим для наглядности и простоты восприятия все результаты расчетов в одной картинке:

2020/06

- : : пищевые грузы, требующие соблюдения температурных условий
- : : внутренние перевозки, экспорт, импорт, транзит
- : : вагоны, контейнеры
- : : один груз в вагоне, сборный груз



Результаты расчетов по июню 2020 в одной картинке

Планы на будущее

1. Уточнить все расчетные параметры, особенно по вагонам
2. Доделать алгоритм, определяющий расчетный выход температуры за установленные границы температурных условий при нарушении предельного срока перевозки в режиме "термос"
3. Написать алгоритм анализа по сборным грузам
4. Разобраться с контейнерами всех типов и размеров
5. Разобраться с перевозками скоропорта наливом в цистернах, включая танк-контейнеры
6. Подвергнуть анализу импорт и экспорт (по крайней мере в пределах СНГ)
7. Получить картинку за 2020 год в целом (не только за один месяц) как исходную точку в понимании состояния с перевозками скоропорта железнодорожным транспортом
8. С 202х года получить доступ к данным мониторинга температурного режима в рефах, чтобы оценить и этот сегмент перевозок

9. Заниматься этим систематически, подготавливая данные для принятия взвешенных руководящих решений

PS: Ну и вычислительных мощностей побольше. А также более точной информации по транспортным средствам (привет [СПС и временный порядок освидетельствования](#)), а также по грузам (с какой температурой предъявили, сколько по времени грузили - имею же право хотя бы помечтать:-)

