

АЗАРТНЫЕ ИГРЫ НЕФТЕБАЗ

«Теория игр» при приеме и отпуске нефтепродуктов

В теории игр есть стратегии, относящиеся к осторожным. Их обычно применяют опытные игроки: это так называемые «минимаксные» и «максиминные» стратегии.

Но есть еще две стратегии из разряда безудержного оптимизма, которые применяют игроки, уверенные в собственной исключительности в глазах Фортуны. Одна из них называется «миниминной», при которой игрок настроен на самый низкий результат из всех вариантов, минимизирующих эти варианты. Другая называется максимаксной, когда игрок ориентируется на самый высокий результат из всех вариантов, максимизирующих данные варианты.

И хотя нефтебаза – это не карточный стол для игры в покер или преферанс, но игровые стратегии, тем не менее, для нее также присущи. Первая из двух стратегий в стиле безудержного оптимизма встречается при приеме нефтепродуктов в железнодорожных цистернах, вторая – при отпуске этого же самого нефтепродукта в автомобильные цистерны.

Нет нужды убеждать, что при приеме нефтепродуктов в железнодорожных цистернах, если для этой цели используется косвенный метод статических измерений (измеряются объем и плотность, и далее определяется масса), то материально-ответственные лица нефтебазы будут стремиться слегка приукрасить результаты приемки. Разумеется, не в ущерб себе: в виде символического занижения плотности в актах приемки. Иными словами, они проводят миниминную стратегию.

Нет также нужды убеждать, что при отпуске нефтепродуктов в автомобильные цистерны, если для этой цели опять же используется косвенный метод статических измерений (объем автоцистерны умножается на плотность, что дает в итоге массу), те же самые материально-ответственные лица вновь будут стараться чуть-чуть улучшить результаты отпуски. Конечно, тоже не в убыток себе: в виде символического завышения плотности в накладных на отпуск. Другими словами, у операторов будет в ходу максимаксная стратегия.

Разумеется, крайне интересно оценить финансовый результат этих двух стратегий, то есть выяснить, насколько же азартно играют на нефтебазах.

Прямое сравнение плотностей из актов приемки железнодорожных цистерн и из товаротранспортных накладных на автоцистерны затруднено по двум причинам.

Во-первых, нефтебаза отпускает продукт не из железнодорожных цистерн напрямую, а из резервуаров. В последних перемешиваются разные партии продукта, поступавшие в разное время. Именно по этой причине – метахронности (разновременности) поступления и отпуски, – невозможно поставить в однозначное соответствие тому или иному акту приемки железнодорожной цистерны некоторое количество накладных на отпуск в автоцистерны.

Во-вторых, прием железнодорожных цистерн производится при одной температуре продукта, тогда как отпуск – при другой. Следовательно, прямое сравнение плотностей при приеме и отпуске осложнено несоответствием температурных условий этих двух операций.

Очевидно, что для решения первой проблемы нужно увеличивать интервал времени, на котором производятся сравнения двух плотностей, чтобы максимально снизить искажающее влияние среднего остатка нефтепродукта, хранящегося в резервуарах и представляющего смесь нескольких партий. В свою очередь, вторая проблема решается путем приведения обеих плотностей к одной и той же температуре, используемой в качестве реперной оценки: это может быть или +15°C (МИ 2632-2001), или же +20°C (ГОСТ 3900-85).

Определившись с основными трудностями, и наметив пути их преодоления, перейдем к рассмотрению примера. Он реален, и, вполне возможно, актуален для многих.

Расчеты представлены в табл.1. Несколько слов о том, как она составлена.

Температура (гр.2-4), фактическая плотность (гр.5-7) и масса нефтепродукта (гр.11-12) при различных операциях берутся в соответствии с актами инвентаризации, актами приемки железнодорожных цистерн и накладными на отпуск в автоцистерны.

Таблица 1: Расчет потерь за счет искажений плотности при приеме и отпуске на нефтебазе

Дата	Температура, °С			Фактическая плотность, г/см ³			Приведенная плотность при +15°С, г/см ³			Масса нефтепродукта, кг			Масса нарастающим итогом, тонны	
	инвентаризация	приход	отпуск	инвентаризация	приход	отпуск	инвентаризация	приход	отпуск	инвентаризация	приход	отпуск	приход	отпуск
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01.06.07	12,9			0,7614			0,7595			59 200				
02.06.07			14,3			0,7597			0,7590			28 424		
03.06.07			14,8			0,7594			0,7592			30 850		
05.06.07		15,0	15,1		0,7587	0,7622		0,7587	0,7622		202 375	26 828	202,4	26,8
06.06.07			13,3			0,7643			0,7627			47 655	202,4	74,5
07.06.07		10,0	11,4		0,7760	0,7662		0,7615	0,7629		354 081	24 253	556,5	98,7
09.06.07			08,4			0,7713			0,7654			68 692	556,5	167,4
10.06.07			10,3			0,7685			0,7642			33 288	556,5	200,7
11.06.07			11,7			0,7670			0,7640			34 904	556,5	235,6
13.06.07			14,1			0,7643			0,7635			26 865	556,5	262,5
14.06.07			15,3			0,7616			0,7619			35 498	556,5	298,0
16.06.07			17,0			0,7605			0,7623			59 039	556,5	357,0
17.06.07			19,1			0,7583			0,7620			44 171	556,5	401,2
18.06.07			20,2			0,7571			0,7617			13 884	556,5	415,1
19.06.07			20,1			0,7586			0,7632			43 679	556,5	458,8
20.06.07		22,0	20,2		0,7597	0,7593		0,7660	0,7639		61 331	51 074	617,8	509,8
23.06.07			23,8			0,7572			0,7652			46 438	617,8	556,3
24.06.07			25,3			0,7559			0,7652			27 599	617,8	583,9
25.06.07		19,0	24,4		0,7587	0,7572		0,7623	0,7657		59 559	7 193	677,3	591,1
30.06.07			18,3			0,7883			0,7913			47 547	677,3	638,6
01.07.07		23,5	22,1		0,7520	0,7584		0,7597	0,7648		115 965	14 360	793,3	653,0
04.07.07			25,7			0,7548			0,7644			77 422	793,3	730,4
05.07.07		20,0	25,6		0,7542	0,7556		0,7587	0,7651		121 573	17 281	914,9	747,7
07.07.07		21,5	23,9		0,7575	0,7584		0,7633	0,7664		228 970	18 345	1 143,9	766,0
08.07.07			22,1			0,7602			0,7666			50 774	1 143,9	816,8
09.07.07		21,0	22,3		0,7567	0,7591		0,7621	0,7657		60 011	95 067	1 203,9	911,9
10.07.07			22,4			0,7590			0,7657			86 917	1 203,9	998,8
11.07.07			23,3			0,7577			0,7651			46 051	1 203,9	1 044,8
12.07.07			24,0			0,7572			0,7653			34 660	1 203,9	1 079,5
14.07.07		25,0	25,6		0,7552	0,7560		0,7642	0,7656		119 658	61 388	1 323,5	1 140,9
15.07.07		27,0	26,3		0,7536	0,7556		0,7644	0,7658		182 429	53 977	1 506,0	1 194,8
16.07.07			25,7			0,7577			0,7673			36 774	1 506,0	1 231,6
17.07.07			25,1			0,7581			0,7672			47 762	1 506,0	1 279,4
18.07.07			25,6			0,7568			0,7663			37 958	1 506,0	1 317,3
21.07.07			28,8			0,7536			0,7660			42 083	1 506,0	1 359,4
22.07.07		30,0	29,6		0,7542	0,7546		0,7677	0,7678		119 147	54 837	1 625,1	1 414,3
23.07.07			29,6			0,7559			0,7690			27 319	1 625,1	1 441,6
24.07.07			29,2			0,7567			0,7694			55 478	1 625,1	1 497,1
25.07.07			26,5			0,7599			0,7702			23 934	1 625,1	1 521,0
26.07.07		15,0	22,1		0,7668	0,7639		0,7668	0,7703		61 453	48 412		1 569,4
28.07.07			18,9			0,7666			0,7702			36 699		1 606,1
29.07.07			19,3			0,7655			0,7694			20 350		1 626,5
01.07.07	18,1			0,7643			0,7671			60 873				

Средняя плотность, г/см³

0,7626 0,7662

Завышение плотности, г/см³

0,0036

Приведенная плотность (гр.8-10) и масса продукта нарастающим итогом (гр.14-15) являются расчетными показателями, предназначенными для того, чтобы как можно точнее учесть влияние температурного фактора (проблема вторая) и разновременность поступления и отпуска (проблема первая).

Как вычислять плотность, приведенную к определенной температуре (гр.8-10), уже отмечалось выше, поэтому сразу перейдем к формированию граф 14-15, ибо это самое важное.

Сначала мы исключаем из отпуска (гр.13) то количество продукта, которое примерно соответствует остатку продукта на начальную дату (гр.11, первая строка). С этой целью красным выделены случаи отпуска, в сумме приблизительно равные остатку в резервуарах на 1 июня, то есть на дату инвентаризации. Связь между ними для наглядности показана стрелкой. Соответственно для расчета массы отпуска нарастающим итогом (гр.15) берутся только те случаи отпуска (гр.13), которые расположены ниже двух верхних, выделенных красным цветом.

Кроме того, в графе 10 мы также исключаем строки, которые не будут участвовать в расчете. Плотности, которые войдут в расчет, выделены в гр.10 зеленым фоном. Можно видеть, что выделенные фоном участки в графах 10 и 15 одинаковы по числу задействованных ячеек.

Далее мы исключаем из поступления (гр.12) то количество продукта, которое осело в виде остатков в резервуарах на конечную дату (гр.11, нижняя строка). С этой целью красным цветом выделено последнее поступление, которое также примерно равно остатку на 31 июля; кроме того, стрелка для наглядности показывает связь двух столбцов. Как и в случае с отпуском, последнее поступление не участвует в расчете массы нарастающими итогом (гр.14).

Аналогичные изменения вносятся и в гр.9, в которой плотность последнего поступления также исключается из расчетов. Плотности, вошедшие в расчет, выделены зеленым фоном; этот участок по количеству задействованных ячеек такой же, как и гр.14.

Если все эти операции исключения выполнены правильно, то два самых нижних показателя в гр.14 и гр.15 должны быть примерно равны. Об абсолютной точности речи нет, да она и не нужна. В нашем случае разница между этими показателями всего 0,4 тонны, что на фоне общего оборота достаточно малая величина, практически ни на что не влияющая.

В гр.14 и гр.15 стоит обратить внимание на постепенное изменение оттенка фона. Одинаковые по цвету участки в гр.14 и в гр.15 примерно соответствуют одной и той же партии поступившего продукта. Можно видеть, что есть небольшой временной лаг между приемом и отпуском одной и той же партии, примерно равный 7-10 дням. Разумеется, теоретически можно было бы выделить отдельные партии и проанализировать их индивидуально. Но этого как раз и не следует делать, ибо где гарантия, что поступивший позже продукт не окажется тяжелее, осядет в нижней части резервуара и будет отпущен еще до того, как окажется отпущен продукт, поступивший раньше, но оказавшийся легче и поднявшийся в верхнюю часть резервуара?

Именно с этой целью был взят достаточно большой двухмесячный интервал, заметно превышающий средний лаг отдельных партий продукта. В этом случае искажающее влияние может оказать только самое последнее поступление. Но его величина составляет только 5% оборота за два месяца, то есть примерно такой же величиной и будет оцениваться общая ошибка выполняемых расчетов. Поэтому, если кто-либо пожелает проверить работу собственной нефтебазы или нефтебазы ответственного хранителя, 5% как вероятная ошибка может служить критерием для установления продолжительности анализируемого интервала. Он должен быть взят из расчета, что отпуск за этот период в 20 раз превышает остаток на конец интервала. Конечно, интервал может быть взят и меньше, но в этом случае ошибка возрастает. И, наоборот, с увеличением интервала она уменьшается.

Итак, в выделенных участках гр.9-10 и гр.14-15 мы имеем оборот продукта, который полностью поступил в течение рассматриваемых двух месяцев и также полностью отпущен тоже за эти два месяца. Как бы ни перемешивался продукт разных партий в резервуарах за эти два месяца, взятый для анализа интервал достаточен, чтобы за счет усреднения плотностей гарантированно свести к минимуму вероятность возможных ошибок.

Осталось взглянуть на две подытоживающие строки под таблицей.

Мы видим, что если средняя приведенная плотность при приеме составляет $762,6 \text{ кг/м}^3$,

то плотность при отпуске равна 766,2 кг/м³. Как и положено, «максимакс» при отпуске существенно превышает «минимин» при приеме. Если точнее, то на 3,6 кг/м³. Если еще точнее, то разница составляет ровно три критерия воспроизводимости согласно ГОСТ 3900-85.

Трехкратное превышение критерия воспроизводимости – это не мелочь, поскольку и прием, и отпуск ведут одни и те же материально-ответственные лица с применением одного и того же ареометра. Оно означает, что здесь не может быть и речи об ошибке, обусловленной случайными факторами. И наоборот, это говорит, что со стороны материально-ответственных лиц наблюдается систематическое искажение плотности нефтепродуктов – частично в виде уменьшения при приеме, частично путем завышения при отпуске.

Осталось подсчитать ту самую маржу, ради которой и применяются на нефтебазах «миниминные» и «максимаксные» стратегии. Поделив массу отпущенного продукта (1625,6 тонн) на среднюю приведенную плотность при приеме (762,6 кг/м³) и умножив полученное частное на разность средних приведенных плотностей (3,6 кг/м³), получаем, что искомый результат равен 7,7 тоннам.

«Парниковый эффект» в резервуарах

Два года назад на страницах «Современной АЗС»¹ рассказывалось, как может повлиять температура, измеренная в одной точке резервуара (непосредственно вдоль вертикали измерительного люка), на результат измерения массы продукта в целом по резервуару. Вывод делался такой, что в определенных условиях экстраполяция точечных измерений температуры может негативно сказаться на точности измерений массы в резервуаре в целом. Последняя может оказаться или сильно завышенной, или, наоборот, сильно заниженной.

Теперь небольшой экскурс: *«Знойный июльский день, солнце печет невыносимо. От раскаленного асфальта так и пышет жаром, а впереди, насколько хватает глаз, мертвая пробка. В машине еще хуже: здесь жара не за 30 – за 50»*².

Риторический вопрос: а как чувствуют себя нефтепродукты, часами находящиеся в мертвой пробке (в резервуаре) под палящими лучами июльского солнца?

Надо думать, они находятся в условиях, когда немалая часть легких фракций улетучивается, причем со скоростью, не учитываемой никакими нормами естественной убыли. А рекуперация, увы, пока все еще остается явлением больше желаемым, чем реальным³.

Впрочем, кому потери, а кому и ...

Представим себе идиллическую картину в стиле приведенного выше экскурса.

Нефтебаза. Знойное июльское утро. На небе ни облачка. Солнце печет безжалостно. Операторы наливают первую автоцистерну и берут из нее пробу, чтобы измерить плотность и температуру (еще чего не хватало – подниматься на резервуар на дикой жаре и дышать парами). Показания плотности и температуры снимаются ареометром (еще не хватало – таскать с собой термометр ТЛ-4). Полученные значения указываются в накладной на отпуск. Но не только в этой – далее они будут тиражироваться весь день во всех подряд накладных на отпуск.

А теперь внимание.

В автоцистерну поступил самый первый продукт после ночи, причем это был продукт из нижней части резервуара, на уровне приемно-расходных патрубков. Понятно, что резервуар в целом и соответственно продукт в нем к утру несколько охлаждаются. Поэтому продукт, налитый в автоцистерну, охлажден в силу того, что он был из нижней части резервуара и вдобавок располагался к наиболее остывшим за ночь стенкам.

Таким образом, измеренные утром температура и плотность показывают только утреннее состояние продукта. Между тем он отпускается весь день, когда резервуар и продукт в нем изрядно нагреются.

Вот и получается, что «парниковый эффект» в резервуарах не находит должного отражения в накладных на отпуск.

¹ «Современная АЗС». – 2006. – № 8.

² «За рулем». – 2000. – № 2.

³ «Современная АЗС». – 2008. – № 8.

Как это выглядит в условиях, максимально приближенных к боевым, иллюстрируют рис.1 и 2. Речь идет о температурах, измеренных на двух нефтебазах, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга. Одна из них имеет АСН с современными датчиками измерения температуры нефтепродукта в потоке, а другая таких датчиков не имеет, поэтому измерения температуры нефтепродуктов производятся классически, один раз в день, утром, с использованием ареометра.

На рис.1 приведены тренды (это нагляднее) температур от трех источников:

- температура отпущенного нефтепродукта на АСН, оснащенной MicroMotion;
- температура отпущенного нефтепродукта на АСН, не имеющей MicroMotion. То есть это обыкновенная нефтебаза, на которой операторы измеряют температуру и плотность один раз утром с использованием ареометра;
- среднесуточные температуры воздуха.

Картина открывается достаточно удивительная.

Тренды температур нефтепродуктов на всем 30-месячном интервале идут выше среднесуточных температур воздуха. Ладно летом – так и в зимние месяцы картина такая же, причем разница температур практически постоянна, о чем можно судить по коридорам между отдельными кривыми. Иными словами, «парниковый эффект» наблюдается не только в лучах знойного июльского солнца, но и в лучах морозного январского солнца. Более того, обнаруживается, что зимой и летом он выражен лучше, чем осенью и весной, то есть налицо прямая связь с количеством ясных (антициклонических) и пасмурных (циклонических) дней в отдельные сезоны.

Но есть еще более интересная деталь. Тренд температур нефтепродуктов, измеренных современными поточными датчиками, выше тренда среднесуточных температур на 3-4°C. В то же время аналогичный тренд для температур, найденных однократным утренним измерением, выше тренда среднесуточных температур воздуха только на 1-1,5°C, а иногда и того меньше.

Если же взять разницы фактических среднемесячных температур нефтепродуктов и воздуха, и представить их графически, как это сделано на рис.2, то картина будет менее гладкой, чем в случае трендов. Но закономерности те же, что и на рис.1. На всем интервале температура, показываемая современными АСН с датчиками температуры, находится в области положительных значений не ниже 2°C, а в некоторые месяцы достигает и 5°C.

Что же касается температур, измеряемых посредством ареометра, то на большей части рассматриваемого периода эти температуры также находятся в положительной области. Однако есть случаи, когда разница становится отрицательной, то есть в эти месяцы температура продукта в накладных указывалась даже ниже, чем температуры воздуха.

Таким образом, если измерения плотности и температуры являются разовыми, производимыми один раз утром и далее экстраполируемыми на весь день, то «парниковый эффект» в резервуарах учитывается не более чем на одну треть от его реальной величины. Это равносильно весьма значительному занижению температуры и соответственно завышению плотности в накладных на отпуск.

Если принять, что тренд температур продукта, измеренных современными датчиками в потоке, показывает реальную картину, то занижение температуры в накладных на отпуск при разовых утренних измерениях ее (в резервуаре или автоцистерне) составляет 2-2,5°C.

Это эквивалентно систематическому круглогодичному завышению плотности бензинов в среднем на 2 кг/м³ и дизельного топлива на 1,5 кг/м³.

Теперь вновь вернемся ненадолго к табл.1 и проведем расчет дополнительного финансового результата, на этот раз за счет «парникового эффекта». Поделив массу отпущенного продукта (1625,6 тонн) на среднюю приведенную плотность при приеме (762,6 кг/м³) и умножив частное на занижение плотности, возникающее при разовых утренних измерениях температуры (2 кг/м³), получаем, что искомый результат составит 4,3 тонны.

В совокупности – почти 12 тонн за счет «теории игр» и «парникового эффекта», или 1% от отпущенного за два месяца продукта. Что и говорить, знатные комиссионные.

Словом, контролируйте нефтебазы, коллеги. Это еще тот Клондайк и Лас-Вегас, вместе взятые.

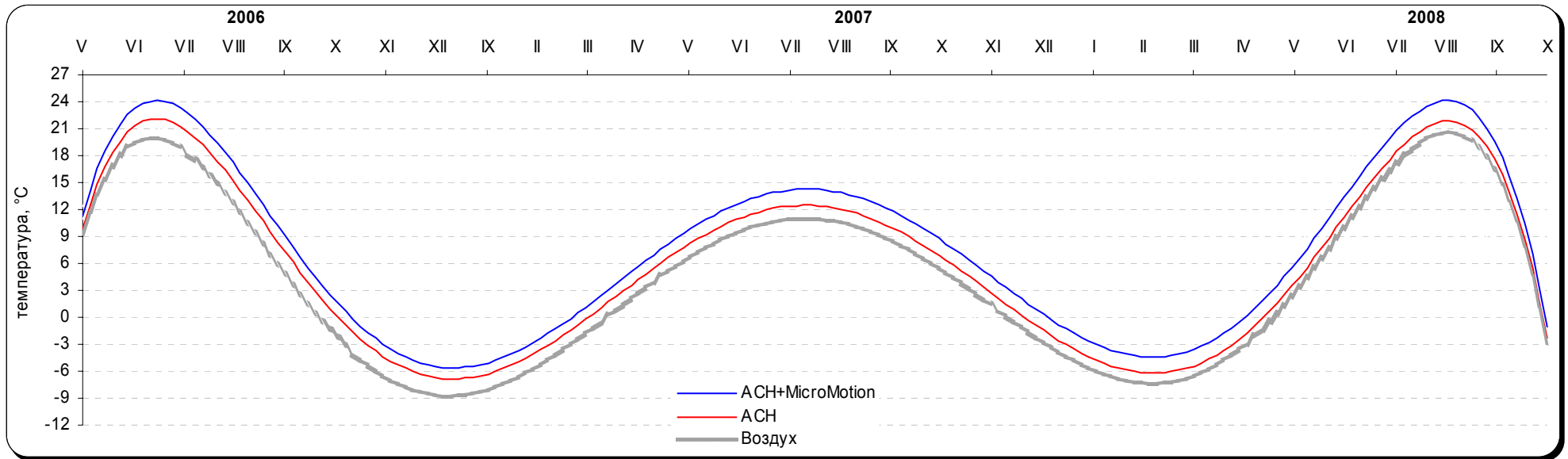


Рис.1. Тренд среднесуточных температур воздуха, АСН со счетчиками MicroMotion и АСН без таковых счетчиков

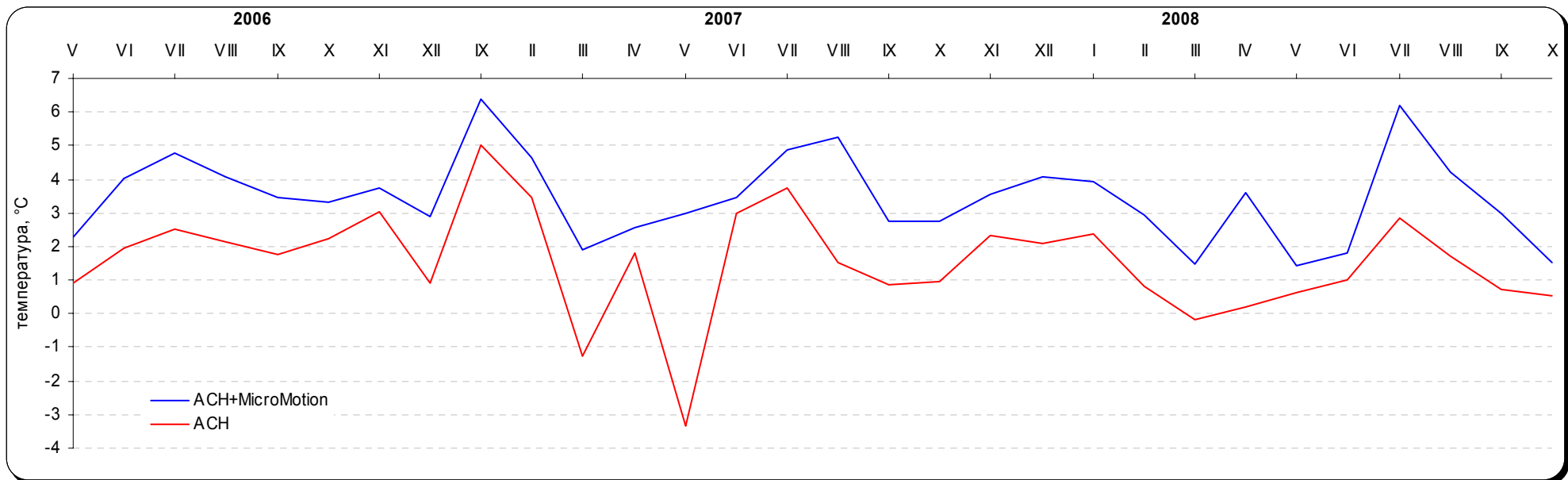


Рис.2. Превышение температуры АСН, снабженных MicroMotion и АСН без таковых счетчиков, над среднесуточными температурами воздуха