

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САМОЛЕТА АН-2 НА РАБОТАХ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Федоренко М. А. – аспирант

Кубанский государственный аграрный университет

В статье предложен метод определения порога целесообразности применения самолета Ан-2 на работах в аграрном секторе. Представленные расчеты демонстрируют влияние длины гона и расстояния подлета до обрабатываемого участка на продолжительность полета, производительность, себестоимость авиационных работ и на величину прибыли или убытка.

Несмотря на негативное воздействие на окружающую среду химических средств обработки сельскохозяйственных угодий, без их применения невозможно получение высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Значительный вклад в процесс химизации вносит аграрная авиация, являющаяся неотъемлемым технологическим звеном в сельскохозяйственном производстве. Основной объем авиационных работ в сельском хозяйстве Российской Федерации выполняется самолетами Ан-2.

Постоянно меняющиеся условия деятельности авиационных предприятий (расстояние подлета самолета до обрабатываемого участка, различные длины гона, нормы загрузки рабочим веществом, изменения цен на топливо и др.) диктуют необходимость точного определения уровня безубыточного функционирования – порога целесообразности авиационных работ.

Анализ порога целесообразности является частью маржинального анализа, основанного на использовании предельных величин (относительных приростов) для исследования экономических процессов. Согласно маржинальной доктрине, субъекты хозяйствования принимают решения, исходя из стремлений достичь максимальную предельную полезность (приращение полезности на единицу затрачиваемых ресурсов, затрат) [4].

Маржинальный анализ позволяет в комплексе выявить влияние цен, издержек, объема выпускаемой продукции, услуг на величину прибыли путем оп-

ределения уровня безубыточности (другими словами, порога целесообразности или границы эффективности).

Целью наших исследований являлось определение порога целесообразности применения авиационной техники (точки безубыточности авиационных работ) для одного полета, т.е. нахождение такого расстояния перелета воздушного судна от аэродрома до обрабатываемого участка и такой длины гона, при которых прибыль от данного полета равна нулю и авиационное предприятие не несет убытки.

Специфика каждого вылета самолета для обработки сельскохозяйственных культур заключается в том, что приходится обрабатывать поля, отличающиеся длиной гона, расстоянием от аэродрома до обрабатываемого участка, загрузкой воздушного судна химикатом, нормой его распределения и т. д.

В расчетах мы использовали постоянные и переменные параметры. К постоянным параметрам относятся: загрузка воздушного судна химикатом, норма расхода рабочего вещества, ширина захвата самолета, время на элементы полета (взлет, полет до участка и обратно, время работы над гоном, развороты), скорость полета воздушного судна, стоимость летного часа и величина тарифа авиационных работ. Переменными параметрами являются длина гона и расстояние подлета от аэродрома до обрабатываемого участка.

В соответствии с формой № 67–ГА "Отчет о финансовой деятельности авиапредприятий и организаций воздушного транспорта", введенной Приказом Федеральной авиационной службы России от 26 мая 1997 г. № 99, эксплуатационные расходы на воздушном транспорте включают затраты на оплату труда, на топливно-смазочные материалы, амортизацию, на аэропортовое обслуживание, на техническое обслуживание и восстановление самолетов, вертолетов и авиационных двигателей (ТО и В СВАД), на аэронавигационное обслуживание, на метеорологическое обеспечение, отчисления на социальные нужды, обязательное страхование и прочие расходы [6].

В каждой авиационной фирме индивидуальны суммы затрат и удельный вес статей расходов в себестоимости летного часа, а следовательно – и себе-

стоимость летного часа. Эти различия можно объяснить разными годовым объемом выполняемых авиационных работ и количеством воздушных судов, разнообразием их типов, степенью изношенности парка, интенсивностью его использования, организационной структурой авиационного предприятия и другими факторами.

Основной единицей учета объема работы сельскохозяйственной авиации является приведенный летный час. Себестоимость приведенного летного часа определяется делением суммы всех эксплуатационных затрат на общий объем работ [2].

Анализ себестоимости летного часа самолета Ан-2 по статьям затрат авиационного предприятия НПК «ПАНХ» (Научно-производственная компания «Применение авиации в отраслях экономики») за 2002 г. свидетельствует о том, что наибольший удельный вес в ней приходится на следующие статьи затрат на топливно-смазочные материалы — 37,5 %, на оплату труда — 26,1 %, на техническое обслуживание и ремонт — 11,7 % от суммы всех затрат (табл. 1).

Таблица 1 – Себестоимость летного часа самолета Ан-2 на работах в сельском хозяйстве, руб.

№ п/п	Статьи затрат	Сумма	Удельный вес, %
1	Затраты на оплату труда	1563	26,1
2	Отчисления на социальные нужды	680	11,4
3	Затраты на топливно-смазочные материалы	2243	37,5
4	Затраты на амортизацию	50	0,8
5	Затраты на аэропортовое обслуживание	109	1,8
6	Затраты на ТО и В СВВД	700	11,7
7	Затраты на аэронавигационное обслуживание	105	1,9
8	Затраты на метеобслуживание	92	1,5
9	Обязательное страхование	26	0,4
10	Прочие производственные расходы	413	6,9
	Итого	5981	100,0

Значительный уровень затрат на авиационное топливо и масло можно объяснить ценами, имеющими тенденцию к росту.

В сумму затрат на оплату труда включена заработная плата всего личного состава авиационного предприятия.

Существенные суммы затрат на техническое обслуживание и ремонт объясняются значительным периодом эксплуатации и большим физическим износом самолетов Ан-2.

Для определения порога целесообразности применения авиации в сельском хозяйстве на основе известных характеристик самолета Ан-2 установим и примем в расчетах следующие технико-эксплуатационные параметры (табл. 2).

Таблица 2 – Исходные данные для расчета порога целесообразности при проведении авиационных работ самолетом Ан-2 [1]

№ п/п	Наименование параметров	Обозначения	Значение параметра	Единица измерения
1	Разовая загрузка самолета рабочим веществом	Г	1 200,0	кг
2	Норма расхода рабочего вещества	Н	25,0	кг/га
3	Ширина рабочего захвата	Ш	20,0	м
4	Время одного разворота самолета	V_p	1,3	мин
5	Время на взлет и посадку самолета	V_4	1,1	мин
6	Рабочая скорость самолета над обрабатываемым участком	V_p	160,0	км/ч
7	Скорость полета самолета	V_n	155,0	км/ч
8	Тариф на обработку сельскохозяйственных угодий	ТАРИФ	135,0	руб./га

Время полета воздушного судна на работах по авиационному распределению веществ включает время взлета, перелета от аэродрома до обрабатываемого участка, обработки участка (полета по гонам), разворотов на гоны, перелета от обработанного участка до аэродрома и посадки.

Время на взлет и посадку определяется взлетно-посадочными характеристиками соответствующего типа воздушного судна и состоянием взлетно-

посадочной полосы. Время, затрачиваемое на развороты для захода на очередной гон, существенно сказывается на общей продолжительности полета.

Продолжительность полета (V_n) – летное время, затрачиваемое воздушным судном на один производственный полет, рассчитывается по формуле:

$$V_n = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = \frac{600 \Gamma}{H \text{ Ш } V_p} + \frac{10 \Gamma V_p}{H \text{ Д } \text{Ш}} + \frac{120 R}{V_n} + V_4, \quad (1)$$

где V_1 – время основной работы воздушного судна (время распределения вещества над обрабатываемым участком), мин; V_2 – время на развороты воздушного судна для захода на очередной гон, мин; V_3 – время полета воздушного судна от аэродрома (посадочной площадки) до обрабатываемого участка и обратно, мин; V_4 – время на взлет и посадку воздушного судна, мин; Γ – разовая загрузка воздушного судна рабочим веществом, кг (л); H – норма расхода рабочего вещества на 1 га, кг (л)/га; Ш – ширина рабочего захвата, м; V_p – рабочая скорость воздушного судна над обрабатываемым участком, км/ч; V_p – время одного разворота воздушного судна для захода на очередной гон, мин; Д – длина гона обрабатываемого участка, км; R – расстояние от аэродрома (посадочной площадки) до обрабатываемого участка, км; V_n – скорость полета воздушного судна от аэродрома (посадочной площадки) до обрабатываемого участка и обратно, км/ч; 600, 10, 120 – коэффициенты для пересчета значений показателей, входящих в формулу, к одним соответствующим единицам измерения [3].

Результаты расчетов по определению продолжительности полета самолета Ан-2 на авиационных работах в сельском хозяйстве представлены в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о том, что с увеличением длины гона и уменьшением расстояния подлета к обрабатываемому участку время полета самолета сокращается, а с увеличением расстояния подлета и уменьшением длины гона, наоборот, увеличивается.. Авиационному предприятию наиболее выгодна ситуация, когда продолжительность полета минимальная и, следовательно, можно обработать больше площадей сельскохозяйственных угодий и получить больше прибыли в единицу времени.

Таблица 3 – Продолжительность полета самолета Ан-2, мин

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	72,9	62,5	49,5	41,7	36,5	31,3	26,1
1,0	73,3	62,9	49,9	42,1	36,9	31,7	26,5
2,0	74,0	63,6	50,6	42,8	37,6	32,4	27,2
3,0	74,8	64,4	51,4	43,6	38,4	33,2	28,0
4,0	75,6	65,2	52,2	44,4	39,2	34,0	28,8
5,0	76,4	66,0	53,0	45,2	40,0	34,8	29,6

Производительность воздушного судна в летный час ($ПР_{л.ч.}$) определяется по следующей формуле:

$$ПР_{л.ч.} = \frac{60 \Gamma}{B_n H}, \quad (2)$$

где 60 – коэффициент для пересчета времени [5].

Результаты расчетов по определению производительности полетов в летный час показывают, что наибольшая производительность авиационных работ будет при наименьшем расстоянии подлета самолета к обрабатываемому участку и наибольшей длине гона (табл. 4).

Таблица 4 – Производительность полета самолета Ан-2 (в летный час), га/ч

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	39,51	46,09	58,20	69,09	78,93	92,05	110,40
1,0	39,30	45,81	57,75	68,45	78,10	90,93	108,79
2,0	38,89	45,25	56,86	67,21	76,50	88,76	105,69
3,0	38,49	44,70	56,01	66,02	74,96	86,69	102,77
4,0	38,10	44,17	55,18	64,87	73,48	84,71	100,01
5,0	37,71	43,66	54,37	63,76	72,05	82,83	97,39

Себестоимость авиационной обработки 1 га ($C_{1га}$) зависит от типа воздушного судна, себестоимости летного часа и производительности воздушного

судна в летный час. Она рассчитывается делением себестоимости летного часа воздушного судна на его производительность, определяемую количеством сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых за летный час:

$$C_{1\text{га}} = \frac{C_{\text{л.ч.}}}{\text{ПР}_{\text{л.ч.}}}, \quad (3)$$

где $C_{1\text{га}}$ – себестоимость обработки 1 га, руб./га; $C_{\text{л.ч.}}$ – себестоимость летного часа, руб./ч [5].

Стоимость летного часа находится как отношение всех эксплуатационных затрат к общему объему выполненных работ в часах [2].

Данные расчетов себестоимости обработки 1 га самолетом Ан-2, представленные в таблице 5, свидетельствуют о том, что себестоимость полетов в летный час уменьшается при сокращении расстояния подлета к обрабатываемому полю и увеличении длины гона вследствие уменьшения числа разворотов.

Таблица 5 – Себестоимость обработки 1 га самолетом Ан-2, руб./га

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	<i>151,37</i>	129,77	102,77	86,57	75,77	64,98	54,18
1,0	<i>152,17</i>	130,57	103,58	87,38	76,58	65,78	54,98
2,0	<i>153,78</i>	132,18	105,18	88,98	78,19	67,39	56,59
3,0	<i>155,39</i>	133,79	106,79	90,59	79,79	68,99	58,20
4,0	<i>156,99</i>	<i>135,40</i>	108,40	92,20	81,40	70,60	59,80
5,0	<i>158,60</i>	<i>137,00</i>	110,01	93,81	83,01	72,21	61,41

Тариф на обработку 1 га составляет 135 руб. Поэтому можно обозначить зоны, где затраты на обработку 1 га превышают 135 руб. (выделена курсивом) и не превышают тариф (выделена жирным шрифтом). Следовательно, при длине гона и расстоянии подлета, соответствующих зоне, где себестоимость не превышает тариф, авиапредприятие будет получать прибыль (см. табл. 5). При этом прибыль будет увеличиваться вследствие сокращения себестоимости, так как денежная выручка от обработки 1 га (тариф) будет постоянной. Граница пе-

рехода из одной зоны в другую находится при длине гона, равной 0,6 км, между расстоянием подлета в 3—4 км.

Фактическую площадь обработанных сельскохозяйственных угодий ($Q_{\text{факт}}$) можно найти по следующей формуле:

$$Q_{\text{факт}} = \frac{\Gamma}{H}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{факт}}$ – фактически обработано за один полет, га.

Результаты расчетов площади фактически обработанных сельскохозяйственных угодий, представленные в таблице 6, показывают, что фактическая производительность зависит только от массы загруженного в воздушное судно рабочего вещества и нормы его расхода.

Таблица 6 – Фактическая площадь обработанных сельскохозяйственных угодий самолетом Ан-2 за один полет, га

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
1,0	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
2,0	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
3,0	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
4,0	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00
5,0	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00	48,00

На нее не оказывают никакого влияния расстояние подлета, длина гона и другие факторы, поэтому цифровые значения в таблице 6 одинаковы. В нашем случае фактическая площадь обработанных сельскохозяйственных угодий составляет 48 га.

Используя формулы (3) и (4), можно найти фактическую себестоимость проведения авиационных работ перемножением себестоимости обработки 1 га на фактическую площадь обрабатываемых угодий:

$$C/C_{\text{факт}} = C_{1\text{га}} Q_{\text{факт}}, \quad (5)$$

где $C/C_{\text{факт}}$ – фактическая себестоимость авиационных работ, руб.

Анализ данных, полученных в ходе расчета, показывает, что наименьшая себестоимость при авиационной обработке всех 48 га сельскохозяйственных угодий будет при минимальном расстоянии подлета и наибольшей длине гона (табл. 7). В этом случае себестоимость авиационных работ существенно варьируется: от 2600 руб. при длине гона 2 км и расстоянии подлета 500 м до 7613 руб. при длине гона 500 м и расстоянии подлета 5 км.

Таблица 7 – Фактическая себестоимость обработки всех сельскохозяйственных угодий самолетом Ан-2, руб.

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	7265,63	6228,92	4933,04	4155,51	3637,16	3118,80	2600,45
1,0	7304,22	6267,51	4971,63	4194,10	3675,74	3157,39	2639,04
2,0	7381,39	6344,68	5048,80	4271,27	3752,92	3234,56	2716,21
3,0	7458,56	6421,86	5125,97	4348,44	3830,09	3311,74	2793,38
4,0	7535,74	6499,03	5203,15	4425,62	3907,27	3388,91	2870,56
5,0	7612,91	6576,21	5280,32	4502,79	3984,44	3466,09	2947,73

Зная фактическую площадь, обработанную самолетом, и тариф на обработку 1 га, можно вычислить денежную выручку (ДВ), получаемую авиапредприятием от проведенных работ по следующей формуле:

$$ДВ = Q_{\text{факт}} \text{ ТАРИФ}, \quad (6)$$

где ДВ – денежная выручка, полученная авиапредприятием от обработанной площади сельскохозяйственных угодий, руб.

Результаты расчетов денежной выручки представлены в таблице 8.

Как показывают данные таблицы 8, денежная выручка будет одинакова независимо от длины гона и расстояния подлета, так как производительность фактическая и тариф на обработку 1 га – величины постоянные и в нашем случае составляют 48га и 135 руб./га соответственно.

Сумма денежной выручки во всех сравниваемых вариантах составит 6480 руб.

Таблица 8 – Денежная выручка от работы самолета Ан-2, руб.

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00
1,0	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00
2,0	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00
3,0	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00
4,0	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00
5,0	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00	6480,00

По разнице денежной выручки и себестоимости авиационных работ можно вычислить прибыль (убыток) от их проведения:

$$\text{ПРИБ. (УБ.)} = \text{ДВ} - \text{С/С}_{\text{факт}}, \quad (7)$$

где ПРИБ.(УБ.) – прибыль (или убыток) авиационного предприятия от проведения сельскохозяйственных работ, руб.

Результаты расчетов по определению прибыли (или убытка), представленные в таблице 9, наглядно демонстрируют условия полета, при которых авиационная работа будет прибыльной или убыточной.

Таблица 9 – Прибыль (убыток) от выполнения авиаработ самолетом Ан-2, руб.

Расстояние подлета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	-785,63	251,08	1546,96	2324,49	2842,84	3361,20	3879,55
1,0	-824,22	212,49	1508,37	2285,90	2804,26	3322,61	3840,96
2,0	-901,39	135,32	1431,20	2208,73	2727,08	3245,44	3763,79
3,0	-978,56	58,14	1354,03	2131,56	2649,91	3168,26	3686,62
4,0	-1055,7	-19,03	1276,85	2054,38	2572,73	3091,09	3609,44
5,0	-1132,9	-96,21	1199,68	1977,21	2495,56	3013,91	3532,27

С увеличением расстояния подлета более 3—4 км при длине гона 600 м деятельность авиационного предприятия становится убыточной и нецелесообразной (см. табл. 9). В то же время прибыль от работы самолета возрастает при уменьшении расстояния подлета и увеличении длины обрабатываемого гона. Данные таблицы 9 позволяют приблизительно определить порог целесообразности, т. е. точку безубыточности (прибыль равна нулю). Эта точка при длине гона, равной 0,6 км, находится на отрезке между расстоянием подлета в 3—4 км.

Проведем ряд вычислений для ее точного определения. В ходе преобразования вышеприведенных формул получим окончательное уравнение для определения прибыли (убытка) от авиационных работ.

$$\boxed{\text{ПРИБ. (УБ.)} = \frac{\Gamma}{H} \left\{ \text{ТАРИФ} - C_{\text{п.ч.}} \left[\frac{1}{6 \text{ Ш}} \left(\frac{60}{V_p} + \frac{B_p}{D} \right) + \frac{H}{60 \Gamma} \left(\frac{120 R}{V_n} + B_4 \right) \right] \right\}} \quad (8)$$

Для того чтобы найти порог целесообразности, необходимо прибыль (убыток) принять равной нулю. Затем подставить цифровые значения в формулу (8), кроме длины гона и расстояния подлета, и решить данное уравнение. Формула (8) позволяет за одну операцию определить прибыль от выполнения авиационных работ, вводя исходные данные о параметрах воздушного судна и об условиях работы:

$$\text{ПРИБ. (УБ.)} = \frac{\Gamma}{H} \left\{ \text{ТАРИФ} - C_{\text{п.ч.}} \left[\frac{1}{6 \text{ Ш}} \left(\frac{60}{V_p} + \frac{B_p}{D} \right) + \frac{H}{60 \Gamma} \left(\frac{120 R}{V_n} + B_4 \right) \right] \right\} = 0,$$

$$\frac{1200}{25} \left\{ 135 - 5981 \left[\frac{1}{120} \left(\frac{60}{160} + \frac{1,3}{D} \right) + \frac{25}{72000} \left(\frac{120 R}{155} + 1,1 \right) \right] \right\} = 0,$$

$$D = \frac{3109,92}{5473,44 - 77,28 R}.$$

При длине гона (D) 600 м расстояние подлета (R) будет составлять 3,7534 км. Это значение и будет являться порогом целесообразности выполнения авиационных работ, что подтверждается данными таблицы 10. В этом случае будет именно такая зависимость значения R от значения D. При других техни-

ко-эксплуатационных параметрах (разовая загрузка воздушного судна, норма расхода рабочего вещества, ширина захвата и т. д.) зависимость примет иной вид.

Таблица 10 – Прибыль (убыток) от выполнения авиаработ самолетом Ан-2, руб.

Расстояние под- лета, км	Длина гона, км						
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,5	-785,63	251,08	1546,96	2324,49	2842,84	3361,20	3879,55
1,0	-824,22	212,49	1508,37	2285,90	2804,26	3322,61	3840,96
2,0	-901,39	135,32	1431,20	2208,73	2727,08	3245,44	3763,79
3,0	-978,56	58,14	1354,03	2131,56	2649,91	3168,26	3686,62
3,7534	-1036,71	0,00	1295,88	2073,41	2591,77	3110,12	3628,47
4,0	-1055,74	-19,03	1276,85	2054,38	2572,73	3091,09	3609,44
5,0	-1132,91	-96,21	1199,68	1977,21	2495,56	3013,91	3532,27

Проведенные исследования позволяют определить порог целесообразности в данном случае применительно к самолету Ан-2 при заданных постоянных параметрах, варьируя расстоянием подлета и длиной гона обрабатываемого участка.

Из формулы (8) можно вычислить тариф на проведение авиационных работ. Для этого необходимо предварительно установить величину необходимой прибыли.

Формула по определению тарифа будет иметь следующий вид:

$$\text{ТАРИФ} = \frac{\text{ПРИБ. (УБ.) } H}{\Gamma} + C_{\text{п.ч.}} \left[\frac{1}{6 \text{ Ш}} \left(\frac{60}{V_p} + \frac{B_p}{D} \right) + \frac{H}{60 \Gamma} \left(\frac{120 R}{V_n} + B_4 \right) \right]$$

(9)

Формулы (8) и (9) можно применять при проведении авиационных работ в аграрном секторе любым типом воздушного судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Авиация в сельском и лесном хозяйстве/ В.М. Шумилин, В.М. Агарков, В.В. Белозеров и др. М.: Колос, 1995. 208 с.
- 2.Легкоступ С.С., Поспелов Н.А. Экономика и организация сельскохозяйственной авиации. М.: Колос, 1979. 192 с.
- 3.Методика определения экономического эффекта в сельскохозяйственном производстве от использования авиации/ Министерство гражданской авиации. Научно-производственное объединение применения гражданской авиации в народном хозяйстве (НПО ПАНХ ГА). Краснодар, 1990.
- 5.Славков М.И. Экономическая эффективность применения авиации в сельском хозяйстве. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. 183 с.
- 4.Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. М.: Инфра-М, 1996. 496 с.
- 6.Форма № 67–ГА. Отчет о финансовой деятельности авиапредприятий и организаций воздушного транспорта / Введена Приказом Федеральной авиационной службы России от 26 мая 1997 г. № 99.