

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ ВПП, ПРИНЯТЫХ В КАНАДЕ И РОССИИ

к. т. н. В. Д. Шаров,
ООО «Волга-Днепр-Москва»

Предлагается методический подход к оценке соответствия фрикционных свойств покрытия взлетно-посадочной полосы, выраженных в различных параметрах, основанный на сравнении коэффициентов увеличения посадочной дистанции.

По статистике Всемирного фонда безопасности полетов (FSF) происшествия на ВПП и выкатывания за ее пределы имеют место примерно в 20% авиационных происшествий и серьезных инцидентах при заходе на посадку и посадке. В ряде случаев одним из факторов риска этих событий является недостаточная осведомленность экипажа о состоянии поверхности ВПП вследствие неточной интерпретации полученной информации. При выполнении полетов на зарубежные аэродромы экипажи ВС отечественного производства сталкиваются с необходимостью преобразования информации о состоянии ВПП, получаемой в установленных в том или ином государстве характеристиках, в параметры оценки состояния покрытия, принятые в ГА РФ.

Согласно Руководству по эксплуатации гражданских аэродромов РФ [1], к таким параметрам относятся:

1. Фрикционные свойства покрытий, оцениваемые коэффициентом сцепления (Ксц);
2. Вид осадков;
3. Толщина слоя осадков;
4. Доля площади, покрытая загрязнениями.

Именно эти параметры в соответствии с РЛЭ конкретного ВС используются экипажем для расчета взлетно-посадочных характеристик (ВПХ), учитываются при принятии решения и устанавливаются различные эксплуатационные ограничения. Параметры 2 – 4, как правило, передаются в метеосводках аэродромов, имеется четкое соответствие между английскими и русскими терминами.

Трудности возникают при интерпретации информации о фрикционных (тормозных) свойствах. Официальных документов, определяющих порядок пересчета такой информации в Ксц, нет. Различные варианты соответствия, приводимые в отдельных документах, носят рекомендательный и ограниченный характер. Например, в Приложении 14 ИКАО [2] приведена таблица оценки эффективности торможения и измеренного коэффициента, но только для поверхности, покрытой уплотненным снегом или льдом. Поэтому авиакомпании разрабатывают собственные алгоритмы и таблицы и, как показывает практика, они существенно различаются.

Это в полной мере относится к переводу оценки состояния ВПП из единиц, принятых в Канаде, в Ксц. В Канаде действует система оценки состояния ВПП, которая имеет некоторые особенности. В соответствии с AIP [3], сообщение о состоянии поверхности, влияющем на движения ВС (AMSCR), может содержать либо только описательную информацию о состоянии поверхности ВПП (RSC – Runway Surface Conditions), либо эту информацию и дополнительно численное выражение для индекса трения (CRFI – Canadian Runway Friction Index). По канадским правилам CRFI не измеряется и не передается при наличии какого-либо из следующих условий [3]:

- (a) поверхность ВПП мокрая без наличия осадков (загрязнений) других видов;
- (b) на поверхности ВПП имеется слой слякоти без наличия осадков (загрязнений) других видов;
- (c) на поверхности ВПП имеется рыхлый снег, толщина слоя которого превышает 2,5 см (1 дюйм).

Нецелесообразность, по мнению канадских авиационных властей, измерения CRFI в указанных условиях обосновывается [5, 6] результатами проведенных испытательных полетов и исследований.

Канадская система оценки состояния ВПП считается одной из лучших. Это подтверждается тем, что по статистике события, связанные с выкатываниями ВС за пределы ВПП, происходят в Канаде не чаще, чем в США и Австралии, несмотря на существенно худшие климатические условия [6].

При отсутствии CRFI в информации AMSCR его ориентировочное значение может быть получено по таблице из [2] на основании принятой информации SRC. Таким образом, задача определения Ксц для аэродромов Канады сводится к установлению определенного соответствия между CRFI и Ксц. Поскольку не существует официальных таблиц перевода CRFI в Ксц, авиаперевозчики, выполняющие полеты в Канаду, вынуждены сами разрабатывать их и предлагать своим экипажам в качестве дополнительного справочного материала.

Ниже приведены таблицы, используемые в двух авиакомпаниях.

Таблица 1

CRFI	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
Ксц	0,64	0,639-0,636	0,3-0,35	0,29	0,29-0,25	0,25-0,2
Вид осадков	Состояние ВПП			Эквивалент CRFI		
ВОДА	Влажная			0,6-0,7		
	Мокрая (дождь)			0,3-0,6		
	Слой воды до 12 мм (ливень)			0,28-0,3		
СНЕГ	Пятна снега (very light patches)			0,55-0,6		
	Слежавшийся укатанный снег при $t^{\circ} < -15^{\circ}$ с песком			0,4-0,5		
	слой снега до 50 мм			0,28-0,3		
ЛЕД	Лед с песком			0,4		
	Лед при $t^{\circ} < -10^{\circ}$			0,1-0,2		
	Мокрый снег (слякоть) $t \approx 0^{\circ}C$			<0,1		

Таблица 2

RSC	BARE and DRY	DAMP <0,01	Wet 0,01'' – 0,03''		Snow covered	Compact snow $T > -10^{\circ}$	Cold ice $T < -15^{\circ}C$	Comp. snow $T < -15^{\circ}C$	Very light snow patches
CRFI	выше 0,8	0,6-0,7	0,4-0,55	0,25-0,3	0,2-0,25	0,1-0,2	0,1-0,2	0,4	0,55-0,6
Ксц	0,6 и выше	0,55	0,45	0,4	0,3	0,28	0,2	0,4-0,5	0,4

Как видно из таблиц, подходы к оценке могут существенно различаться.

Очевидно, необходимо разобраться в физическом смысле и единицах измерения этих коэффициентов. В РФ нормативный Ксц в зависимости от применяемых средств определяется непосредственным отсчетом результатов измерений либо приведением результатов измерений к нормативным значениям с помощью корреляционных зависимостей. При этом может быть установлено однозначное соответствие между нормативным Ксц и отрицательным ускорением, которое испытывало бы транспортное средство, если бы Ксц измерялся деселерометром, в m/c^2 . Например, $Ксц=0,4$ соответствует отрицательному ускорению автомобиля $0,4 \times 10^{-1} = 3 m/c^2$.

В соответствии с [3, 5] принцип измерения CRFI аналогичен, однако в доступных источниках нет информации об особенностях используемого оборудования и приборов, единицах измерения и формулах пересчета.

Можно предложить другой, чисто формальный метод. Он основан на установлении соответствия влияния Ксц и CRFI на увеличение посадочной дистанции (длины пробега).

Подходы к расчету посадочной дистанции по РЛЭ [7] и канадским правилам [4] во многом совпадают.

Рассчитанная по фактическим условиям посадочная дистанция L_p для идеального пилотирования корректируется на коэффициент безопасности и рассчитывается необходимая посадочная дистанция L_{ptr} для сухой ВПП.

В соответствии с [7]:

$$L_{ptr} = L_p \times K_B^P,$$

где коэффициент безопасности РЛЭ $K_B^P = 1,67$ – для основного аэродрома, $K_B^P = 1,43$ – для запасного аэродрома.

По канадским правилам в соответствии с [3, 4]:

$$L_{ptr} = L_p / K_B^K,$$

где $K_B^K = 0,6$ – канадский коэффициент безопасности, который применяется в расчетах, как для основного, так и для запасного аэродромов.

Очевидно, что поскольку $K_B^K \approx 1/K_B^P$, то L_{ptr} , рассчитанная и по нашим и по канадским правилам, обеспечивает одинаковый (относительно L_p) запас посадочной дистанции для сухой и чистой ВПП.

При наличии на ВПП осадков значения L_{ptr} для сухой и чистой ВПП корректируются на Ксц и CRFI соответственно. Обозначим полученное скорректированное значение как $L^{мptr}$.

Для самолета Ан-124-1000 при выполнении этой корректировки вначале необходимо определить по графику 6.73 РЛЭ в зависимости от Ксц коэффициент увеличения посадочной дистанции (обозначим его как $K_{рф}$). В табл. 3 представлены значения $K_{рф}$, полученные из упомянутого графика. Затем рассчитывается необходимая посадочная дистанция для данных условий как:

$$L^{мptr} = L_{ptr} \times K_{рф}.$$

По канадским правилам эта процедура может быть выполнена по таблице Table 2 раздела 1.6 из [3]. В таблицу входят по известному CRFI и рассчитанной L_{ptr} и получают соответствующую $L^{мptr}$. Использование данной таблицы позволило рассчитать величину коэффициента (обозначим его $K_{кан}$), аналогичного нашему коэффициенту $K_{рф}$, для каждой приведенной в таблице $L^{мptr}$ и каждого CRFI как:

$$K_{кан} = L^{мptr} / L_{ptr}.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 4, которая сформирована на основании Table 2 из [3] с добавлением столбцов коэффициентов $K_{кан}$. Установлено, что $K_{кан}$ для одного и того же CRFI несколько различаются в зависимости от L_{ptr} . Поэтому в нижней строке приведены средние значения $K_{кан}$ для каждого CRFI. Эти средние значения и используются в дальнейших расчетах.

Таким образом, в табл. 3 и 4 приведены зависимости коэффициентов увеличения посадочной дистанции $K_{кан}$ и $K_{рф}$ в зависимости от CRFI и Ксц.

Представляется обоснованным выдвинуть гипотезу, что если в конкретном заходе учет влияния состояния поверхности ВПП приводит к одинаковому увеличению посадочной дистанции, ($K_{кан} = K_{рф}$), то и состояние ВПП в обоих случаях одинаковое. Значит и параметры (Ксц и CRFI), описывающие это состояние в разных системах единиц, соответствуют друг другу.

На этой гипотезе и основана предлагаемая табл. 5, в которой каждая пара значений CRFI и Ксц подобрана так, что $K_{рф} \approx K_{кан}$, (но при этом $K_{рф}$ не меньше $K_{кан}$). Промежуточные значения получены интерполированием.

Значения Ккан выглядят заниженными, но необходимо отметить, что внедрение концепции CRFI в Канаде в соответствии с [6] было направлено именно на обоснованное расширение возможностей посадки на скользкие полосы. С этой целью проводились серьезные летные испытания, а также исследования с применением технологий риск-менеджмента. В [6] доказывается, что приемлемый уровень риска не превышен. При этом считается достаточным установить доверительный уровень вероятности для этих рекомендаций, равный 0,95. К тому же следует учитывать, что для расчета принято использование реверса тяги до полной остановки и настоятельно рекомендуется выполнить посадку в пределах 1000 фут. (300 м.) от порога ВПП.

Данные рекомендации [3] распространяются на все ВС западного производства независимо от посадочной массы, вплоть до Boeing-747-400.

Предлагаемая методика позволяет использовать рекомендации авиационных властей Канады, основанные на серьезном анализе рисков выкатывания. Данные рекомендации используют большинство зарубежных авиакомпаний, выполняющих полеты на канадские аэродромы. Однако представляется целесообразным проведение дополнительных исследований для отечественных ВС, в частности, для Ан-124-100, с учетом особенностей характеристик торможения.

Принцип данного методологического подхода может быть использован при разработке обоснованных таблиц соответствия коэффициентов торможения, принятых в разных странах, и Ксц РФ как в целях предотвращения выкатываний, так и для обеспечения регулярности полетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 06-08-01518.

Литература

1. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов РФ (РЭГА РФ-94)., М., ВТ., 1995 г.
2. Приложение 14 ИКАО, издание четвертое, июль 2004 г.
3. AIP Canada.
4. CAR Part IIV – Commercial Air Services.
5. CRFI, Advisory Circular 164, Transport Canada, 1999.
6. Benefit –Cost Analysis of Procedures for Accounting for RW Friction on Landing, TP 14082E, Transport Canada, 2003.
7. РЛЭ Ан-124-100.

Таблица 4

Увеличение посадочной дистанции относительно условия "ВПП сухая и чистая" в зависимости от CRFI с вероятностью 0,95

CRFI	0,18		0,2		0,22		0,25		0,27		0,3		0,35		0,4		0,45		0,5		0,55		0,6	
Лптр	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан	L ^{мптр}	Ккан
2000	2540	1,270	2490	1,245	2440	1,220	2380	1,190	2340	1,170	2280	1,140	2220	1,110	2170	1,085	2120	1,060	2080	1,040	2040	1,020	2000	1,000
2333	3080	1,320	3010	1,290	2950	1,264	2870	1,230	2820	1,209	2750	1,179	2660	1,140	2580	1,106	2500	1,072	2440	1,046	2390	1,024	2340	1,003
2667	3630	1,361	3540	1,327	3460	1,297	3360	1,260	3280	1,230	3190	1,196	3070	1,151	2970	1,114	2880	1,080	2800	1,050	2730	1,024	2670	1,001
3000	4130	1,377	4030	1,343	3930	1,310	3810	1,270	3730	1,243	3630	1,210	3480	1,160	3350	1,117	3250	1,083	3160	1,053	3080	1,027	3010	1,003
3333	4630	1,389	4510	1,353	4400	1,320	4260	1,278	4170	1,251	4050	1,215	3880	1,164	3740	1,122	3620	1,086	3520	1,056	3420	1,026	3340	1,002
3667	5000	1,364	4870	1,328	4750	1,295	4590	1,252	4490	1,224	4360	1,189	4170	1,137	4020	1,096	3880	1,058	3760	1,025	3600	0,982	3570	0,974
4000	5410	1,353	5270	1,318	5150	1,288	4980	1,245	4880	1,220	4750	1,188	4550	1,138	4380	1,095	4230	1,058	4110	1,028	4000	1,000	3900	0,975
4333	5790	1,336	5650	1,304	5520	1,274	5350	1,235	5240	1,209	5100	1,177	4890	1,129	4710	1,087	4560	1,052	4420	1,020	4300	0,992	4200	0,969
4667	6130	1,313	5980	1,281	5850	1,253	5670	1,215	5560	1,191	5410	1,159	5190	1,112	5000	1,071	4840	1,037	4700	1,007	4570	0,979	4460	0,956
5000	6580	1,316	6420	1,284	6270	1,254	6070	1,214	5850	1,170	5790	1,158	5550	1,110	5340	1,068	5160	1,032	5000	1,000	4860	0,972	4740	0,948
5333	7110	1,333	6940	1,301	6770	1,269	6560	1,230	6420	1,204	6240	1,170	5970	1,119	5740	1,076	5550	1,041	5370	1,007	5220	0,979	5080	0,953
5667	7530	1,329	7340	1,295	7170	1,265	6930	1,223	6790	1,198	6590	1,163	6310	1,113	6060	1,069	5850	1,032	5660	0,999	5500	0,971	5350	0,944
6000	7950	1,325	7750	1,292	7570	1,262	7320	1,220	7170	1,195	6960	1,160	6650	1,108	6390	1,065	6160	1,027	5960	0,993	5780	0,963	5620	0,937
6333	8380	1,323	8160	1,288	7970	1,258	7700	1,216	7540	1,191	7310	1,154	6980	1,102	6700	1,060	6460	1,020	6250	0,987	6060	0,957	5890	0,930
6667	8650	1,297	8430	1,264	8220	1,233	7950	1,192	7780	1,167	7540	1,131	7210	1,081	6910	1,036	6660	0,999	6440	0,966	6250	0,937	6070	0,910
Ккан сред		1,338		1,304		1,274		1,232		1,205		1,173		1,123		1,067		1,044		1,012		0,982		0,958

Лптр – необходимая посадочная дистанция на сухой и чистой ВПП, фут;

L^{мптр} - необходимая посадочная дистанция для данного CRFI; Ккан=L^{мптр}/Лптр

Источник: Table 2 AIP Canada "CRFI Recommended Landing Distances (Discing/Reverse Thrust)"

