

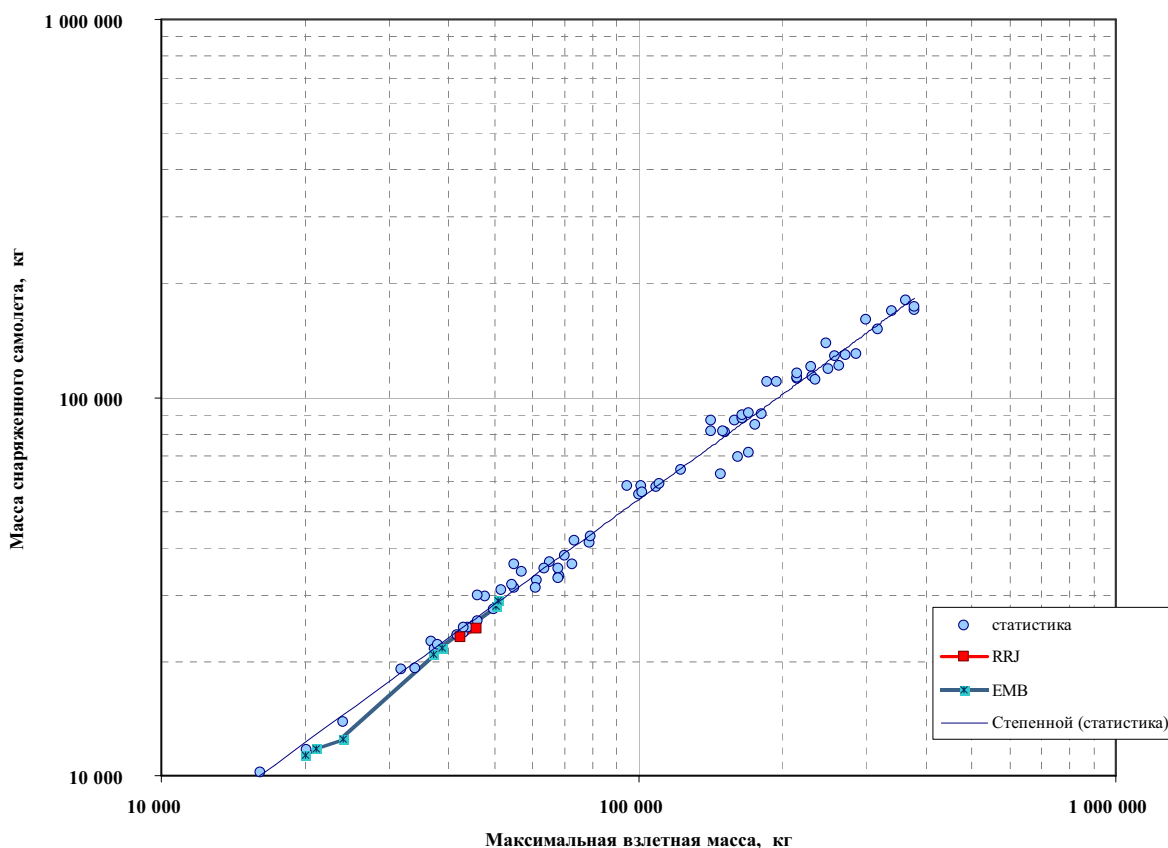
#### 1.7.1.4. Весовая эффективность самолета.

Весовая эффективность самолета рассматривается либо как связь массы снаряженного самолета с параметрами, определяющими ее величину, либо как связь так называемых «критериев весовой эффективности» с какими-то относительными или абсолютными характеристиками самолета. Первый подход предпочтительнее, так как эти связи имеют более показательный характер с меньшим разбросом точек.

Наименование	Количе пасса жес одно к сно компо н	Сумма старто тяги устано	Пол площ кры	Характеристики		Опере		Основные						
				Сече	Дли	Площ г.о	Площ в.о	Макс.вз мас	Макс.но масс	Макс.м самол без	Макс.м комм нагру	Макс.з топл	Мас снаря самол	
			к	м <sup>2</sup>	м	м	м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	к	к	к	к	к	к
AVRO	7	11	77,	3,	2	25,	20,	43	378	337	9	10	23	
AVRO	8	12			26			43	385	358	11	10	24	
AVRO	10				27			46	401	378	12	10	25	
F	7	12	93	3,	27,	21,	12	36	340	319	9	7	22	
F	10				32			43	387	358	11	8	24	
Canadair	5	8	54,	2,	24,	12,	11,	24	213	199	6	6	13	
Canadair	7	11	68,		29	17,	11,	34	303	282	8	9	19	
Canadair	8	13			32,			37	333	317	10	8	21	
Fairchild	3	5	4		20,	9,	11,	15	143	130	3	3	9	
Fairchild	4	6	4		25,			20		4		11		
Fairchild	5	10	7	3,	23,	24	13	31			7		19	
Fairchild	7	11	7		27,			37	352	314	8	10	22	
Fairchild	10	14	8		31,			49	462	405	13	12	27	
Embraer	3	6	51,	2,	24,	11	7,	20	185	160	4	5	11	
Embraer	4				26,			21	187	171	5	5	11	
Embraer	5				27,			24	200	185	5	5	12	
Embraer	7	12	72,	3,01x	29	23,	16	37	328	296	8	9	20	
Embraer	7				31,			38	340		9	9	21	
Embraer	9	16	9		36,			50	425		12	13	28	
Embraer	10				38,			50	445		13	13	28	
RRJ 75	7				26,			388	350	326	94	95	231	
RRJ		422						126						
RRJ 95	9	145						29,	425	394	367	122	95	244
RRJ									458				126	

Рис. 1.7-29 Данные реактивных региональных самолетов

Наиболее простыми являются связи массы снаряженного самолета с нагрузками и размерами. Самой обобщенной характеристикой нагрузок на самолет является максимальная взлетная масса. Зачастую отношение полезной нагрузки (коммерческая нагрузка и топливо) к максимальной взлетной массе называют «весовой отдачей», но так как полезная нагрузка является разницей между максимальной взлетной массой и массой снаряженного самолета, то и отношение массы снаряженного самолета к взлетной массе является показателем весовой отдачи. Чем ниже его значение, тем весовая эффективность выше



**Рис. 1.7-30 Зависимость массы снаряженного самолета от максимальной взлетной массы**

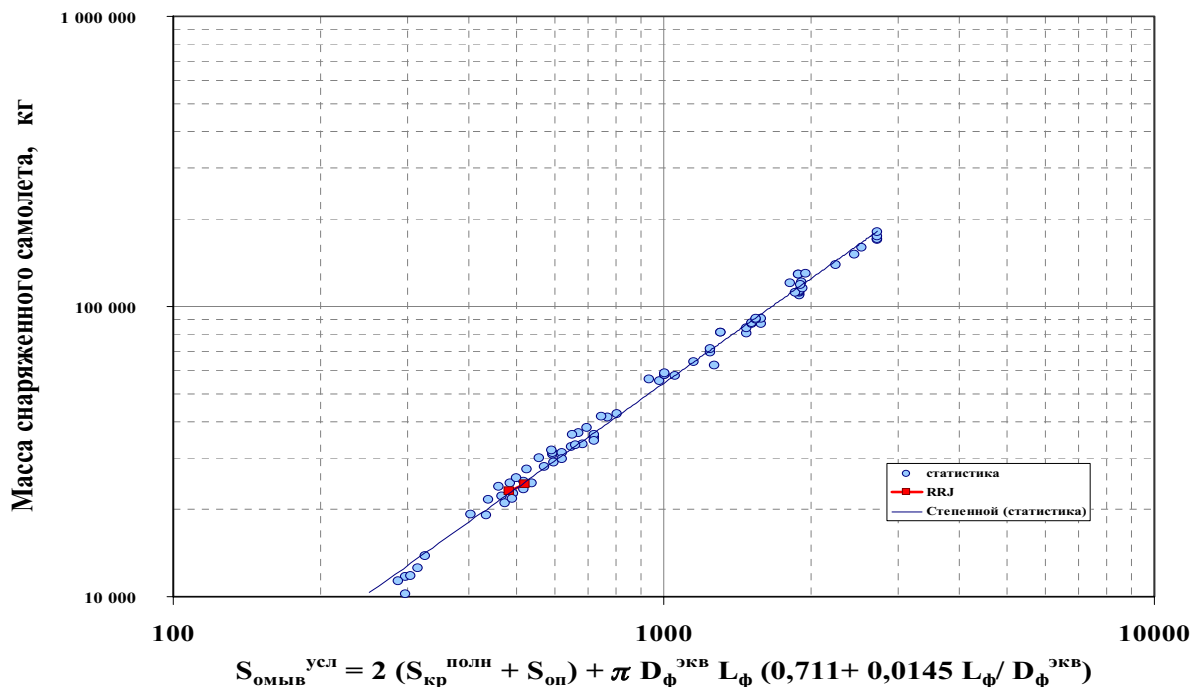
Приведенный график показывает, что по весовой отдаче проектируемое семейство соответствует существующему и перспективному уровню весового совершенства.

Этот вывод подтверждает и таблица

**Табл. 1.7-13 Доля массы снаряженного самолета**

	Доля массы снаряженного самолета во взлетной массе
Fairchild Dornier 728	58,5%
Fairchild Dornier 928	55,3%
Embraer ERJ170LR	56,3%
Embraer ERJ175LR	56,2%
Embraer ERJ190LR	55,8%
Embraer ERJ195LR	57%
RRJ 75 LR	54,8%
RRJ 95 LR	53,3%

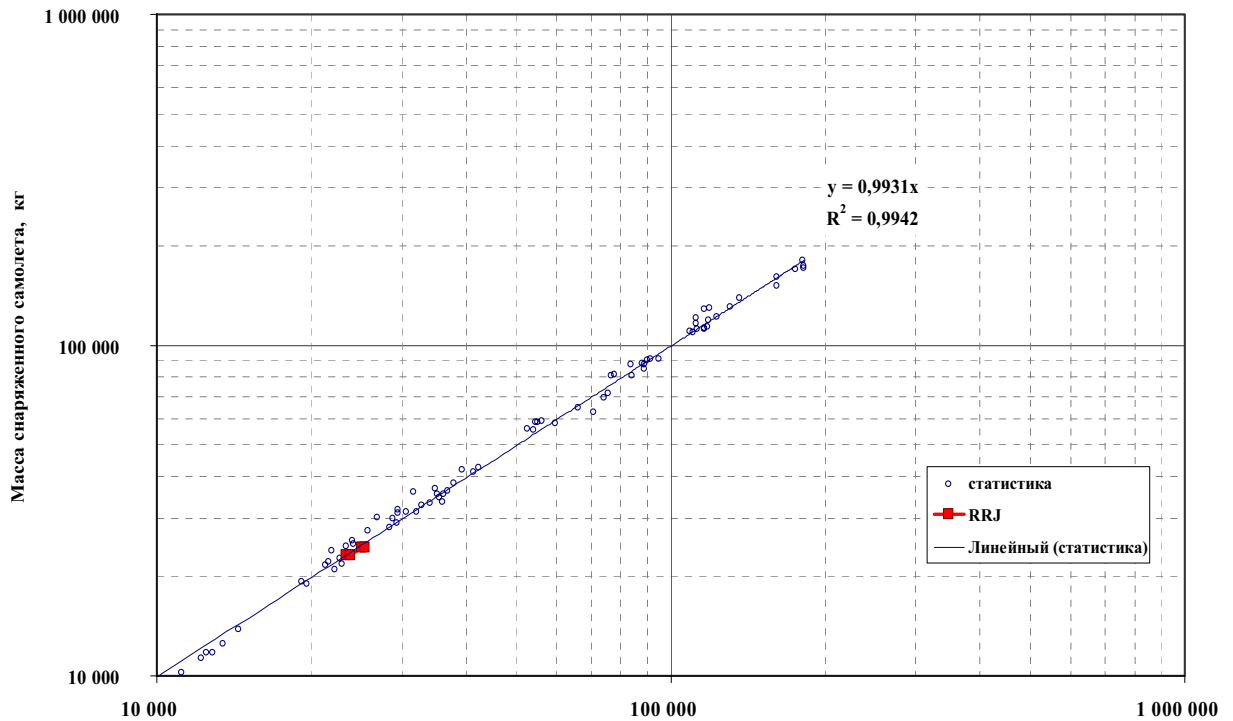
Более правомерна (то есть «очищена» от дальности полета и от совершенства аэродинамики и двигателя) связь массы снаряженного самолета с его размерами. В нашем случае за характеристику размера принимается условная омываемая площадь поверхности планера, представляет собой удвоенную сумму полных площадей крыла и оперения, сложенную с площадью поверхности фюзеляжа.



**Рис. 1.7-31 Зависимость массы снаряженного самолета от его размеров**

Как видно масса снаряженного самолета RRJ соответствует своей размерности.

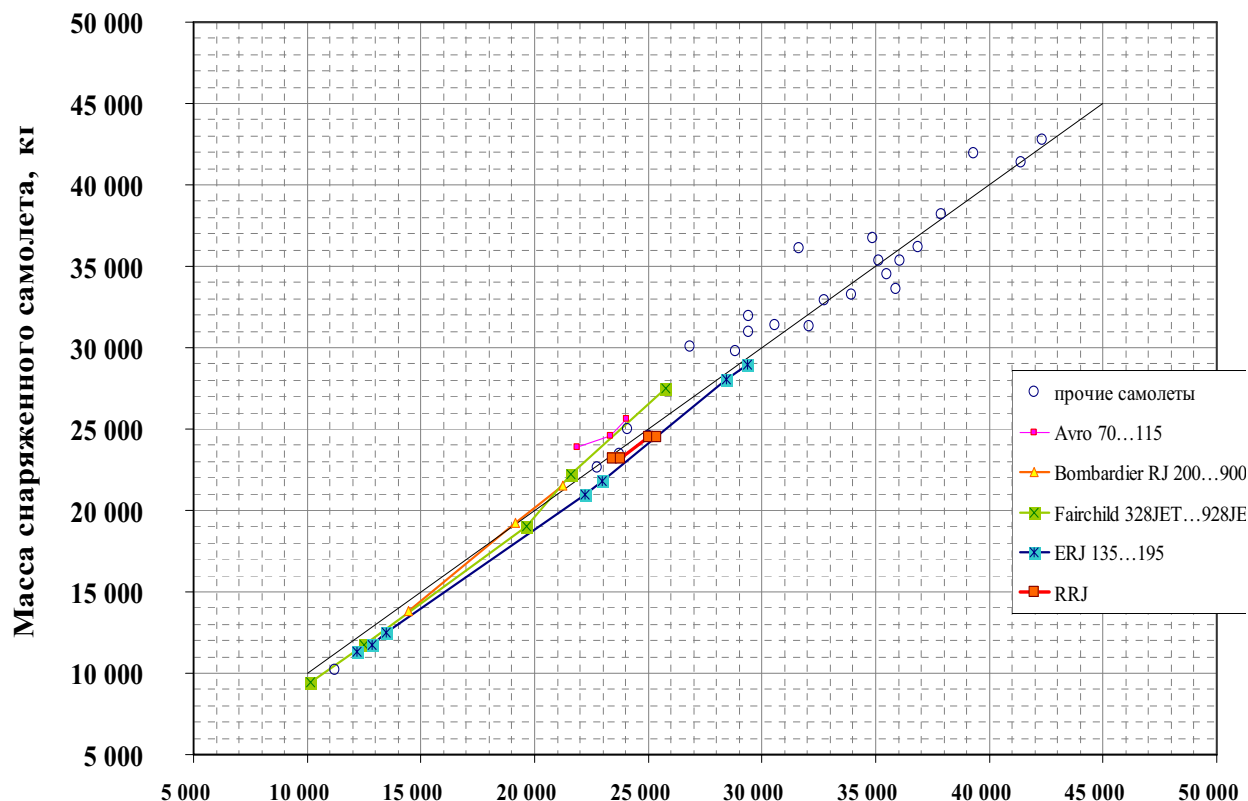
Однако, ни связь с взлетной массой, ни связь с основными размерами самолета полностью не отражает многопараметрической сущности массы снаряженного самолета. Поэтому мы также рассматриваем зависимость от обобщенного статистического параметра, включающего в себя кроме размеров и взлетной массы также тягу силовой установки. Как видно на большом банке статистических данных (от 10 до 200 тонн массы снаряженного самолета) эта связь имеет высокую достоверность.



$$7,6 (2(S_{\text{кп}}+S_{\text{он}})+\pi D_{\phi}^{\text{экв}} L_{\phi}(0,711+0,0145 L_{\phi}/D_{\phi}^{\text{экв}}))^{1,21}+0,5 R_o^{0,97}+0,255 m_o^{0,925}$$

**Рис. 1.7-32 Зависимость массы снаряженного самолета от обобщенного параметра («теоретического аналога»)**

Рассматривая эту зависимость в более узком диапазоне, мы можем сравнить массы снаряженного самолета проектируемого семейства и других семейств региональных самолетов.



$$7,6 (2 (S_{кр} + S_{оп}) + \pi D_{\phi}^{ЭКВ} L_{\phi} (0,711 + 0,0145 L_{\phi} / D_{\phi}^{ЭКВ}))^{1,21} + 0,5 R_o^{0,97} + 0,225 m_o^{0,925}$$

Рис. 1.7-33 Зависимость массы снаряженного самолета от обобщенного параметра («теоретического аналога») для региональных самолетов

Это сравнение подтверждает, что масса снаряженного самолета прогнозируется с высокой степенью достоверности.

Однако, наиболее понятным критерием весовой эффективности является отношение массы снаряженного самолета к количеству пассажирских мест (при этом не следует забывать, что этот критерий «не очищен» от дальности полета, так как сильно от нее зависит). Рассмотрим этот показатель для нескольких семейств региональных самолетов

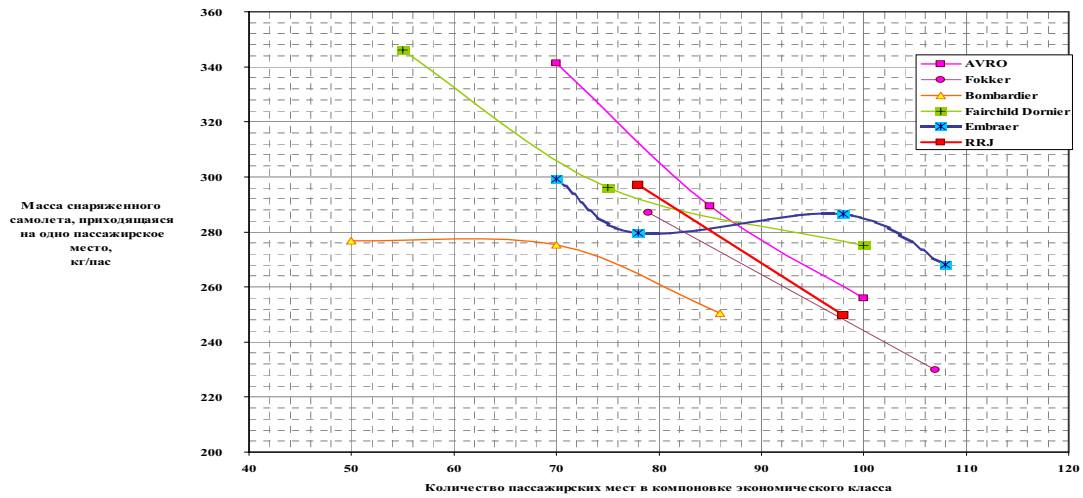


Рис. 1.7-34 Сравнение « $m_{п.сн.}/N_{пас}$ » для региональных самолетов

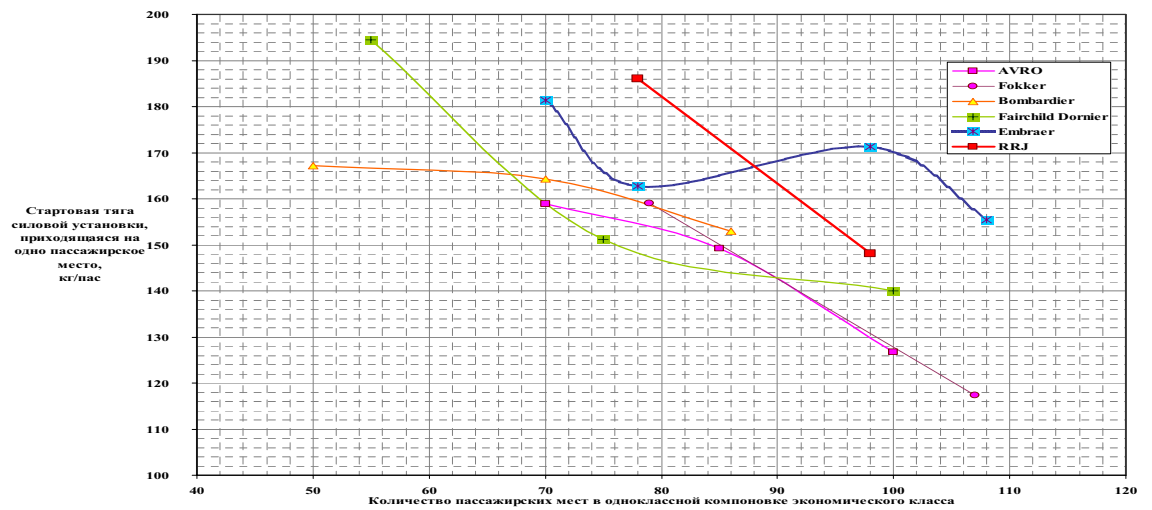


Рис. 1.7-35 Сравнение « $R_{о.с.у.}/N_{пасс}$ » для региональных самолетов

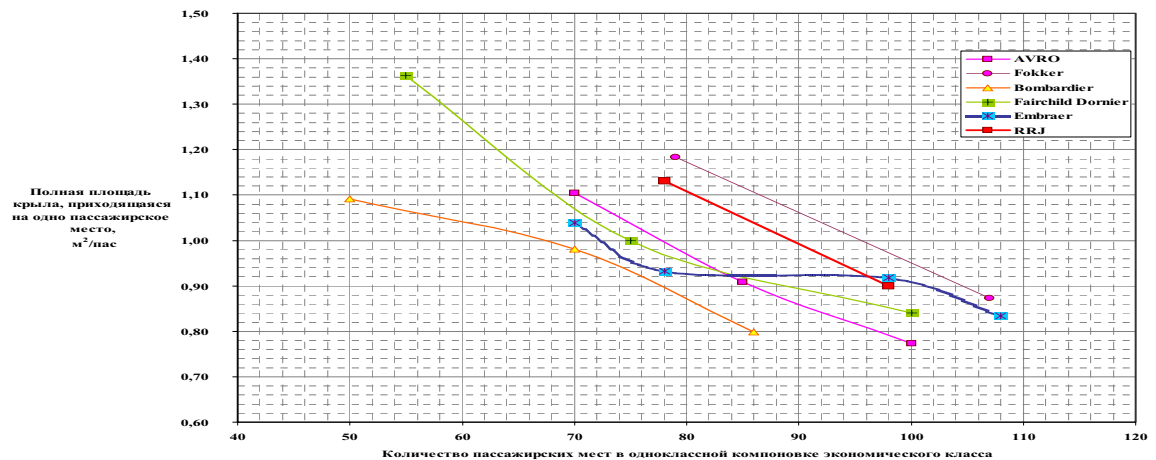


Рис. 1.7-36 Сравнение « $S_{кр}^{полн} / N_{пас}$ » для региональных самолетов

Как видно, весовое совершенство, измеряемое показателем « $m_{п.сн.} / N_{пас}$ » для младшего самолета семейства оказывается хуже, чем у самолетов Эмбраер, не говоря уже о самолетах семейства Бомбардье. И только RRJ 95 обладает высокой весовой эффективностью, определяемой при помощи указанного показателя.

Это объясняется тем, что самолет семейства RRJ средней пассажировместимости имеет большую тягу и площадь крыла, приходящиеся на одно пассажирское место, что приводит к значительным весовым затратам (на одно пассажирское место).

Поэтому весовое совершенство самолета, измеряемое соответствием размерам, нагрузкам и тягам, как показано выше, полностью соответствует перспективному уровню, в то время как тяга силовой установки и площадь крыла переразмерены для младшего самолета семейства. Эта переразмеренность является следствием принятых принципов унификации семейства, когда выбор площади крыла и тяги силовой установки определялся требованиями к наибольшему из самолетов семейства – RRJ 95LR. При этом следует учесть, что при выборе размерности закладывались некоторые резервы.

Еще одним методом оценки весового совершенства исследуемого самолета является метод приведения к весовым характеристикам самолета, принятого за аналог уровня весового совершенства. При таком подходе определяется весовая стоимость каждого из известных отличий исследуемого самолета от аналога. Нами проведена подобная работа при сравнении RRJ 75LR с самолетами EMB 175LR и Фэрчайлд-Дорнье 728. В этих



анализах весовая стоимость отличий в размерах, геометрических параметрах и нагрузках агрегатов планера определена по весовым методикам с использованием метода «множественных вычислений». Эти анализы показали, что весовые данные снаряженного самолета полностью соответствуют его облику, и весовое совершенство самолета соответствует весовому совершенству самолетов-аналогов. Ниже приведена оценка отличий EMB 175 от RRJ 75. Как видно из этого анализа, весовая оценка отличий в размерах, параметрах и нагрузках суммарно взаимно обнуляется, а превышение массы снаряженного самолета RRJ над EMB объясняется только значительно большей массой двигателя, примененного на RRJ.