

УДК 519.233.8

МНОЖЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ СРЕДНИХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ВЛИЯНИЮ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДОЗИРОВОК ПРОБИОТИКА «OLIN» В РАЦИОН  
КОРМЛЕНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Зелов К.А., e-mail: [costzv@yandex.ru](mailto:costzv@yandex.ru)

Мурленков Н.В., e-mail: [chr98@yandex.ru](mailto:chr98@yandex.ru)

Шуметов В.Г., e-mail: [shumetov@list.ru](mailto:shumetov@list.ru)

Орловский государственный аграрный университет (302019, г. Орёл, ул. Генерала Родина, 69)

**Реферат.** Представлены результаты множественного сравнения средних величин ведущих информативных показателей – массы мышц и массы филе – в эксперименте по влиянию дозировки пробиотика «Olin» на убойные и мясные качества тушек цыплят-бройлеров. Обосновано, что применение для этой цели традиционно используемого в практике сельскохозяйственных экспериментов критерия наименьшей существенной разности может привести к некорректным статистическим выводам. Результаты множественного сравнения средних по критериям Бонферрони и Шеффе сопоставлены с множественным сравнением средних по критерию *LSD (Least Significant Difference)*. Показано, что критерий Шеффе является консервативным, обеспечивая более строгий подход к оценке статистической значимости наблюдаемых эффектов. На конкретных примерах обсуждаются прогностические возможности однофакторных моделей дисперсионного анализа, отражающих зависимость выходных переменных от уровней независимой переменной.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, мясные качества полуфабриката, спорогенный пробиотик, ведущие информативные показатели, критерий Стьюдента, критерий Бонферрони, критерий Шеффе.

MULTIPLE COMPARISON OF AVERAGES IN THE EXPERIMENTS ON THE INFLUENCE  
OF EXPERIMENTAL DOSES PROBIOTIC «OLIN» IN THE DIET BROILER CHICKENS

Seelow K.A., e-mail: [costzv@yandex.ru](mailto:costzv@yandex.ru)

Murlenkov N.V., e-mail: [chr98@yandex.ru](mailto:chr98@yandex.ru)

Shumetov V.G., e-mail: [shumetov@list.ru](mailto:shumetov@list.ru)

Orel State Agrarian University (302019, Orel, ul. Gen. Rodina, 69)

**Abstract.** The results of multiple comparison of averages of the leading informative indicators – muscle mass and weight of the fillet – in an experiment on the effect of the dosage of probiotic «Olin» at slaughter and meat quality of broiler chicken carcasses. It is proved that the use for this purpose is traditionally used in the practice of agricultural experiments least significant difference test can lead to incorrect inference. The results of the multiple comparisons of means on the criteria of Bonferroni and Scheffe multiple comparison compared with the average criterion for *LSD (Least Significant Difference)*. It is shown that the Scheffé test is conservative, providing a more rigorous approach to assessing the statistical significance of the observed effects. Specific examples discussed possible prognostic ANOVA models, reflecting the dependence of the output variables on the levels of the independent variable.

**Keywords:** broilers, meat quality semi-finished products, probiotic sporogenous leading informative indicators, Student criterion, the Bonferroni test, Scheffe test.

Данная статья продолжает публикации [5, 6], представленные в настоящем издании, и содержит результаты второго этапа статистических исследований, направленных на выявление роли спорогенного пробиотика «Olin» как фактора, эффективно влияющего на

мясные и убойные качества тушек цыплят-бройлеров. В первой из этих публикаций [5] сформулированы следующие аналитические задачи:

- 1) по результатам корреляционного и факторного анализа комплекса выходных показателей эксперимента установить латентные факторы и выявить ведущие (информативные) показатели;
- 2) рассчитать средние значения ведущих выходных показателей и оценить статистическую значимость влияния экспериментальных дозировок пробиотика «Olin», по сравнению с контролем, на информативные показатели;
- 3) определить спецификацию эконометрических моделей, описывающих зависимость ведущих выходных показателей убойных и мясных качеств тушек цыплят-бройлеров от дозировки пробиотика «Olin» в комбикормах, оценить их параметры и выполнить оптимизацию дозировки по критериям качества полуфабриката.

Результаты решения первой задачи приведены в публикации [6]. Методами корреляционного и факторного анализа доказано, что из исходного множества семи показателей мясных и убойных качеств тушек цыплят-бройлеров в дальнейшем анализе достаточно ограничиться двумя ведущими информативными показателями – массой мышц и массой филе. Именно эти показатели являются индикаторами влияния дозировок пробиотика «Olin» на качества тушек цыплят-бройлеров.

В соответствие с этим выводом, задачей данной публикации является оценка статистической значимости влияния экспериментальных дозировок пробиотика «Olin», по сравнению с контролем, на эти информативные показатели. Решение данной задачи предполагает реализацию следующих этапов статистических исследований:

- (1) дисперсионный анализ, цель которого – выявить статистическую значимость различия средних значений индикаторов мясных качеств тушек цыплят-бройлеров по всей совокупности вариантов опытов;
- (2) применение процедур множественного сравнения средних, а также традиционным методом, основанном на критерии Стьюдента;
- (3) разбиение вариантов опытов на однородные (статистически неразличимые) группы;
- (4) сравнение конкурирующих методик анализа результатов эксперимента.

Наше обращение к методам множественного сравнения средних не является случайным. Несмотря на очевидность некорректности использования в этих целях методов парного сравнения, основанных на критерии Стьюдента ( $t$ -критерия), а также на наличие современных информационных технологий, позволяющих проводить множественное сравнение средних практически в «автоматическом режиме», до настоящего времени эти методы еще мало применяются на практике. Опыт, однако, показывает, что замена

множественного сравнения результатов эмпирических данных парными сравнениями может привести к неверным выводам: сравнивая в один прием лишь две средние, мы лишаем себя информации об остальных средних, то, что невозможно на двух случайных выборках, может стать вполне возможным на большем их числе (чем больше проводится испытаний, тем более редкие события могут произойти). Кроме того, незначимые различия, накапливаясь от пары к паре, могут стать вполне значимыми, хотя мы этого не замечаем.

Сказанное вовсе не означает, что традиционно используемое в практике оценки результатов сельскохозяйственных экспериментов понятие наименьшей существенной разности (НСР) [3] полностью теряет свою значимость. В данном случае мы не вполне разделяем точку зрения А.И. Орлова о том, что «высокие статистические технологии» лишают права на использование так называемых «низких» статистических технологий [7]. Во-первых, сравнение средних по критерию наименьшей существенной разности нельзя отнести к «низким» статистическим технологиям, это, по терминологии А.И. Орлова – *классическая статистическая технология*. Во-вторых, логика подсказывает по крайней мере две возможности корректного использования критерия Стьюдента: 1) следует сравнить две ближайшие средние, и если по критерию Стьюдента их разность статистически значима, то значимы будут и разности остальных средних; 2) можно завязать требования к критическому уровню значимости – вместо традиционно принимаемого  $p$ -уровня 0,05 принять критический уровень значимости равным  $0,05/m$ , где  $m$  – число сравниваемых средних (принцип Бонферрони).

Перейдем теперь непосредственно к сравнению средних по вариантам экспериментов, направленных на выявление роли спорогенного пробиотика «Olin» на мясные и убойные качества тушек.

В соответствие с результатами первой части статистических исследований, достаточно сравнить средние двух ведущих информативных показателей качества тушек – массы мышц и массы филе. Остальные показатели либо коррелируют с этими двумя индикаторами качества полуфабриката (перечислим их: предубойная масса; масса порошенной тушки; масса съедобных частей), либо не критичны к добавке пробиотика в рацион кормления цыплят-бройлеров (масса несъедобных частей и масса костей). Вариантов опытов четыре: контроль – без добавки пробиотика (группа 1) и три дозировки пробиотика «Olin»: 0,015; 0,022 и 0,029 г/гол. (группы 2, 3, 4 соответственно). Таким образом, сравниваемых средних – четыре.

Начальный этап статистических исследований по сравнению средних заключается в визуальном анализе ящичковых диаграмм, иллюстрирующих различие медиан показателей и интервалов их варьирования по повторностям каждого опыта – рисунок 1 (помимо двух

индикаторов качества полуфабриката, «чувствительных» к добавке пробиотика, рассматривались ещё два показателя – масса несъедобных частей и масса костей).

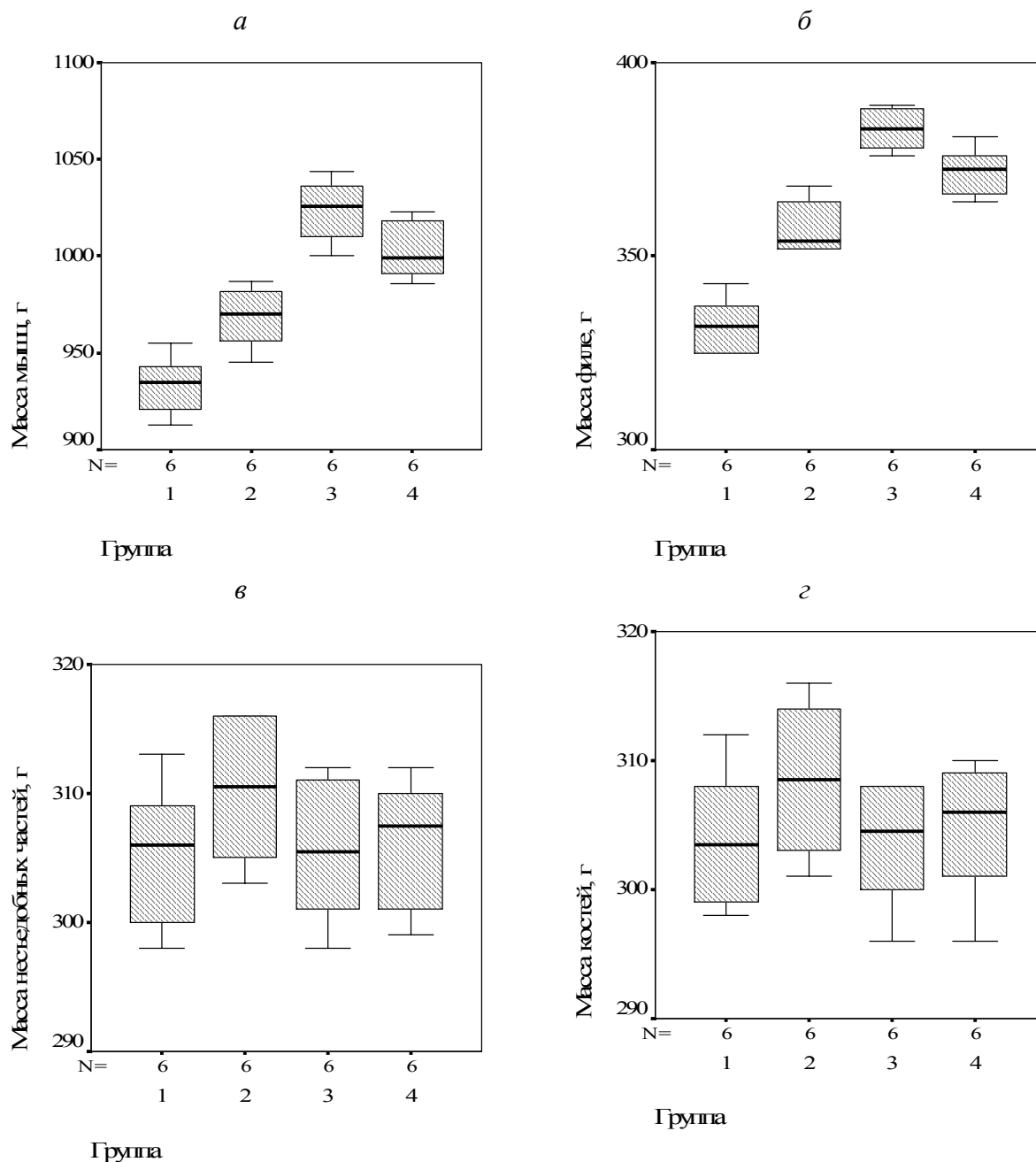


Рисунок 1 – Распределение ведущих информативных показателей мясных качеств тушек цыплят-бройлеров: *a* – масса мышц; *б* – масса филе; *в* – масса несъедобных частей; *г* – масса костей

Визуальный просмотр ящичковых диаграмм показывает, что если для первых двух показателей – массы мышц и массы филе – средние экспериментальных групп, скорее всего, значительно отличаются от средних контрольной группы, то для второй пары показателей – массы несъедобных частей и массы костей – такого отличия не наблюдается: хотя медианы и заметно различаются, распределения этих показателей по повторностям сильно

перекрываются. Это предположение подтверждают результаты, полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа процедуры «*Compare Means* (Сравнение средних)»: значения критерия Фишера  $F=37,5$  и  $66,4$  для первых двух показателей – массы мышц и массы филе – статистически значимы на уровне не хуже  $0,0005$  и статистически незначимы для третьего и четвертого показателя ( $p$ -уровень для них  $0,429$  и  $0,395$  соответственно) – таблица 1.

Таблица 1 – Дисперсионный анализ ведущих информативных показателей мясных качеств тушек цыплят-бройлеров

Показатель, г	Источник изменчивости	Сумма квадратов	Ст. св.	Средний квадрат	Критерий Фишера	Знч.
Масса мышц	Между группами	28213,458	3	9404,486	37,472	0,000
	В группах	5019,500	20	250,975		
	Сумма	33232,958	23			
Масса филе	Между группами	8597,125	3	2865,708	66,374	0,000
	В группах	863,500	20	43,175		
	Сумма	9460,625	23			
Масса несъедобных частей	Между группами	93,458	3	31,153	0,964	0,429
	В группах	646,500	20	32,325		
	Сумма	739,958	23			
Масса костей	Между группами	93,000	3	31,000	1,043	0,395
	В группах	594,333	20	29,717		
	Сумма	687,333	23			

Выполним теперь сравнение средних двух ведущих информативных показателей качества тушек – массы мышц и массы филе – традиционным методом по критерию Стьюдента, для двух экспериментальных групп 3 и 4 (в пакете анализа данных *SPSS Base* для этого предусмотрена процедура «*Compare Means* (Сравнение средних)»). Полученные результаты приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 –  $T$ -тест для независимых измерений показателя «Масса мышц» в опытах 3 и 4

	Критерий равенства дисперсий Ливиня		$t$ -критерий равенства средних						
	$F$	Знч.	$t$	Ст. св.	Знч. (2-сторон)	Средняя разность	Стд. ошибка разности	95% доверительный интервал разности	
								нижняя граница	верхняя граница
Предполагается равенство дисперсий	0,007	0,935	2,273	10	0,046	21,00	9,239	0,415	41,585
Равенство			2,273	9,948	0,046	21,00	9,239	0,400	41,600

дисперсий не предполагается									
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 3 – *T*-тест для независимых измерений показателя «Масса филе» в опытах 3 и 4

	Критерий равенства дисперсий Ливиня		<i>t</i> -критерий равенства средних						
	<i>F</i>	Знч.	<i>t</i>	Ст. св.	Знч. (2-сторон)	Средняя разность	Стд. ошибка разности	95% доверительный интервал разности	
								нижняя граница	верхняя граница
Предполагается равенство дисперсий	0,010	0,921	3,168	10	0,010	10,83	3,420	3,214	18,453
Равенство дисперсий не предполагается			3,168	9,837	0,010	10,83	3,420	3,197	18,470

Из таблиц 2 и 3 следует, что согласно *t*-тесту 95-ти процентные доверительные интервалы разностей обоих показателей не включает в себя нуль, следовательно, гипотеза о равенстве средних отвергается (заметим, что согласно критерию Ливиня, дисперсии значимо не различаются, вследствие чего 95-ти процентные доверительные интервалы разностей по строкам таблиц практически совпадают).

Критерию наименьшей существенной разности в пакете *SPSS Base* отвечает множественное сравнение средних по критерию *LSD – Least Significant Difference* в процедуре «*General Linear Model* (Общая линейная модель)» [1, 8]. Результаты множественного сравнения по традиционному подходу приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Парные сравнения средних показателя «Масса мышц» по критерию *LSD*

(I) Группа	(J) Группа	Средняя разность (I-J)	Стд. ошибка	Знч. (2-сторон)	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	верхняя граница
1	2	-34,83	9,146	0,001	-53,91	-15,75
	3	-90,17	9,146	0,000	-109,25	-71,09
	4	-69,17	9,146	0,000	-88,25	-50,09
2	1	34,83	9,146	0,001	15,75	53,91
	3	-55,33	9,146	0,000	-74,41	-36,25
	4	-34,33	9,146	0,001	-53,41	-15,25
3	1	90,17	9,146	0,000	71,09	109,25
	2	55,33	9,146	0,000	36,25	74,41
	4	21,00	9,146	0,033	1,92	40,08

4	1	69,17	9,146	0,000	50,09	88,25
	2	34,33	9,146	0,001	15,25	53,41
	3	-21,00	9,146	0,033	-40,08	-1,92

Таблица 5 – Парные сравнения средних показателя «Масса филе» по критерию *LSD*

(I) Группа	(J) Группа	Средняя разность (I-J)	Стд. ошибка	Знч. (2-сторон)	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	верхняя граница
1	2	-25,00	3,794	0,000	-32,91	-17,09
	3	-50,50	3,794	0,000	-58,41	-42,59
	4	-39,67	3,794	0,000	-47,58	-31,75
2	1	25,00	3,794	0,000	17,09	32,91
	3	-25,50	3,794	0,000	-33,41	-17,59
	4	-14,67	3,794	0,001	-22,58	-6,75
3	1	50,50	3,794	0,000	42,59	58,41
	2	25,50	3,794	0,000	17,59	33,41
	4	10,83	3,794	0,010	2,92	18,75
4	1	39,67	3,794	0,000	31,75	47,58
	2	14,67	3,794	0,001	6,75	22,58
	3	-10,83	3,794	0,010	-18,75	-2,92

Как следует из таблиц 4 и 5, все 95-ти процентные доверительные интервалы разностей обоих показателей не включает в себя нуль, следовательно, гипотеза о равенстве средних отвергается.

Иные результаты сравнения средних дает применение критерия Стьюдента с поправкой Бонферрони – таблица 6 (в целях сокращения объема публикации приведены данные для одного показателя – массы мышц).

Таблица 6 – Парные сравнения средних показателя «Масса мышц» по критерию Бонферрони

(I) Группа	(J) Группа	Средняя разность (I-J)	Стд. ошибка	Знч. (2-сторон)	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	верхняя граница
1	2	-34,83	9,146	0,007	-61,61	-8,06
	3	-90,17	9,146	0,000	-116,94	-63,39
	4	-69,17	9,146	0,000	-95,94	-42,39
2	1	34,83	9,146	0,007	8,06	61,61
	3	-55,33	9,146	0,000	-82,11	-28,56
	4	-34,33	9,146	0,008	-61,11	-7,56
3	1	90,17	9,146	0,000	63,39	116,94
	2	55,33	9,146	0,000	28,56	82,11
	4	21,00	9,146	0,196	-5,77	47,77
4	1	69,17	9,146	0,000	42,39	95,94
	2	34,33	9,146	0,008	7,56	61,11
	3	-21,00	9,146	0,196	-47,77	5,77

Сравнение таблиц 4 и 6 показывает, что уровни значимости в таблице 6 уже иные, отличаются и результаты сравнения средних: так, средняя масса мышц экспериментальной группы 3 больше среднего показателя группы 4 на 21 г, но по критерию *LSD* эта разность статистически незначима на уровне 0,033, тогда как по критерию Бонферрони значимость этой же разности составляет 0,196, что значительно превышает нормативный уровень 0,05. Иначе говоря, при более строгом подходе к сравнению средних эффект прибавки массы мышц полуфабриката цыплят-бройлеров при добавке в рацион питания пробиотика в количестве 0,022 и 0,029 г/гол. статистически неразличим.

Часто используется ещё более консервативный метод множественного сравнения Шеффе, который защищает от больших значений уровня ошибок в эксперименте. Применим его для сравнения средних масс мышц и массы филе полуфабриката – таблицы 7 и 8.

Таблица 7 – Апостериорные парные сравнения средних масс мышц по критерию Шеффе

(I) Группа	(J) Группа	Средняя разность (I-J)	Стд. ошибка	Знч. (2-сторон)	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	верхняя граница
1	2	-34,83	9,146	0,011	-62,72	-6,95
	3	-90,17	9,146	0,000	-118,05	-62,28
	4	-69,17	9,146	0,000	-97,05	-41,28
2	1	34,83	9,146	0,011	6,95	62,72
	3	-55,33	9,146	0,000	-83,22	-27,45
	4	-34,33	9,146	0,012	-62,22	-6,45
3	1	90,17	9,146	0,000	62,28	118,05
	2	55,33	9,146	0,000	27,45	83,22
	4	21,00	9,146	0,188	-6,89	48,89
4	1	69,17	9,146	0,000	41,28	97,05
	2	34,33	9,146	0,012	6,45	62,22
	3	-21,00	9,146	0,188	-48,89	6,89

Таблица 8 – Апостериорные парные сравнения средних масс филе по критерию Шеффе

(I) Группа	(J) Группа	Средняя разность (I-J)	Стд. ошибка	Знч. (2-сторон)	95% доверительный интервал	
					нижняя граница	верхняя граница
1	2	-25,00	3,794	0,000	-36,57	-13,43
	3	-50,50	3,794	0,000	-62,07	-38,93
	4	-39,67	3,794	0,000	-51,23	-28,10
2	1	25,00	3,794	0,000	13,43	36,57
	3	-25,50	3,794	0,000	-37,07	-13,93
	4	-14,67	3,794	0,010	-26,23	-3,10
3	1	50,50	3,794	0,000	38,93	62,07
	2	25,50	3,794	0,000	13,93	37,07
	4	10,83	3,794	0,072	-0,73	22,40
4	1	39,67	3,794	0,000	28,10	51,23



	2	14,67	3,794	0,010	3,10	26,23
	3	-10,83	3,794	0,072	-22,40	0,73

Видно, что в качественном отношении результаты сравнения средних по критерию Шеффе идентичны сравнению по критерию Бонферрони, отличие наблюдается лишь в уровнях значимости и доверительных интервалах.

При сравнении средних по тесту Шеффе имеется также возможность выделить однородные подгруппы сравниваемых вариантов эксперимента. Ниже представлены таблицы однородных групп для двух показателей – массы мышц и массы филе.

Таблица 9 – Однородные подгруппы опытов по критерию Шеффе по показателю «масса мышц» (уровень значимости критерия различия между подгруппами  $p=0,05$ )

Группа	Повторность	Масса мышц, г		
		1	2	3
1 – контроль	6	933,50		
2	6		968,33	
4	6			1002,67
3	6			1023,67
Уровень значимости критерия различия в подгруппе		1,000	1,000	0,188

Таблица 10 – Однородные подгруппы опытов по критерию Шеффе по показателю «масса филе» (уровень значимости критерия различия между подгруппами  $p=0,05$ )

Группа	Повторность	Масса мышц, г		
		1	2	3
1 – контроль	6	332,33		
2	6		357,33	
4	6			372,00
3	6			382,83
Уровень значимости критерия различия в подгруппе		1,000	1,000	0,072

Поясним таблицы 9, 10. По обоим показателям, согласно тесту Шеффе, опыты образуют три однородные подгруппы. В подгруппу 1 входит контрольная группа 1, в подгруппу 2 – экспериментальная группа 2 с дозировкой пробиотика «Olin» 0,015 г/гол., в подгруппу 3 – экспериментальные группы 3 и 4 с дозировкой пробиотика «Olin» 0,022 и 0,029 г/гол. И по массе мышц, и по массе филе средние по экспериментальным группам 3 и 4 статистически неразличимы, т.е. увеличение дозировки пробиотика с 0,022 г/гол. до 0,029 г/гол. эффекта не дает.

Заметим, что результаты, приведенные в таблицах 4-10, можно также получить с помощью однофакторного дисперсионного анализа процедуры «*Compare Means* (Сравнение средних)» пакета *SPSS Base*. В данном исследовании мы воспользовались другой процедурой – «*General Linear Model* (Общая линейная модель)», полезным результатом которой, в

дополнение к этим таблицам, является возможность получить МНК-оценки параметров модели.

Пример таблицы МНК-оценок параметров такой модели для одного из информативных показателей – массы мышц – приведен ниже.

Таблица 11 – Оценки параметров линейной модели для информативного показателя «Массы мышц» (за нулевой уровень принята группа 4)

Параметр	<i>B</i>	Стд. ошибка	<i>t</i>	Значимость	99% доверительный интервал	
					нижняя граница	нижняя граница
Постоянная	1002,667	6,468	155,030	0,000	989,176	1016,158
[ГРУППА=1]	-69,167	9,146	-7,562	0,000	-88,246	-50,087
[ГРУППА=2]	-34,333	9,146	-3,754	0,001	-53,413	-15,254
[ГРУППА=3]	21,000	9,146	2,296	0,033	1,921	40,079
[ГРУППА=4]	0	,	,	,	,	,

Поясним таблицу 11. В математической форме однофакторная линейная модель дисперсионного анализа записывается следующим образом:  $Y_i = \mu_0 + \alpha_i + \varepsilon_i$ , где  $Y_i$  – наблюдаемое значение выходной переменной  $Y$  на  $i$ -м уровне фактора;  $\mu_0$  – оценка свободного коэффициента модели;  $\alpha_i$  – оценки главных эффектов на  $i$ -м уровне;  $\varepsilon_i$  – случайная ошибка. МНК-оценки параметров модели (2) и приведены в таблице 11.

В этой таблице постоянная  $\mu_0=1002,667$  г, а за нулевой принят эффект группы 4, т.е. средняя масса мышц цыплят-бройлеров группы 4 принята равной  $\mu_0=1002,667$  г. Эффекты (добавки массы мышц) других групп отсчитываются уже от этого уровня; так, средняя масса мышц цыплят-бройлеров группы 1 (эталона) характеризуется добавкой  $\alpha_1=-69,167$  г, с доверительным 95%-ым интервалом (-88,246 ... -50,087) г, что соответствует средним значениям массы мышц (914,421 ... 952,580) г. Соответственно, группа 3 характеризуется максимальным эффектом  $\alpha_3=21,000$  г, с доверительным 95%-ым интервалом (1,921 ... 40,079) г, что соответствует средним значениям показателя (1004,588 ... 1042,746) г.

Эта однофакторная модель характеризуется достаточно высоким значением коэффициента детерминации: она объясняет 84,9% общей дисперсии. Судя по графикам остатков, представленным на рисунке 2, модель адекватна: метки, отвечающие эмпирическим данным, расположены достаточно близко к линии регрессии (рисунок 2 а), а остатки на рисунке 2 б образуют равномерную полосу вдоль предсказанных значений показателя, что свидетельствует об отсутствии эффекта гетероскедастичности [2].

Однофакторная модель для второго информативного показателя – массы филе – также имеет высокие характеристики качества: коэффициент детерминации  $R^2=0,909$ , т.е. она объясняет

90,9% общей дисперсии (таблица МНК-оценок параметров этой модели не приводится ради сокращения объема публикации).

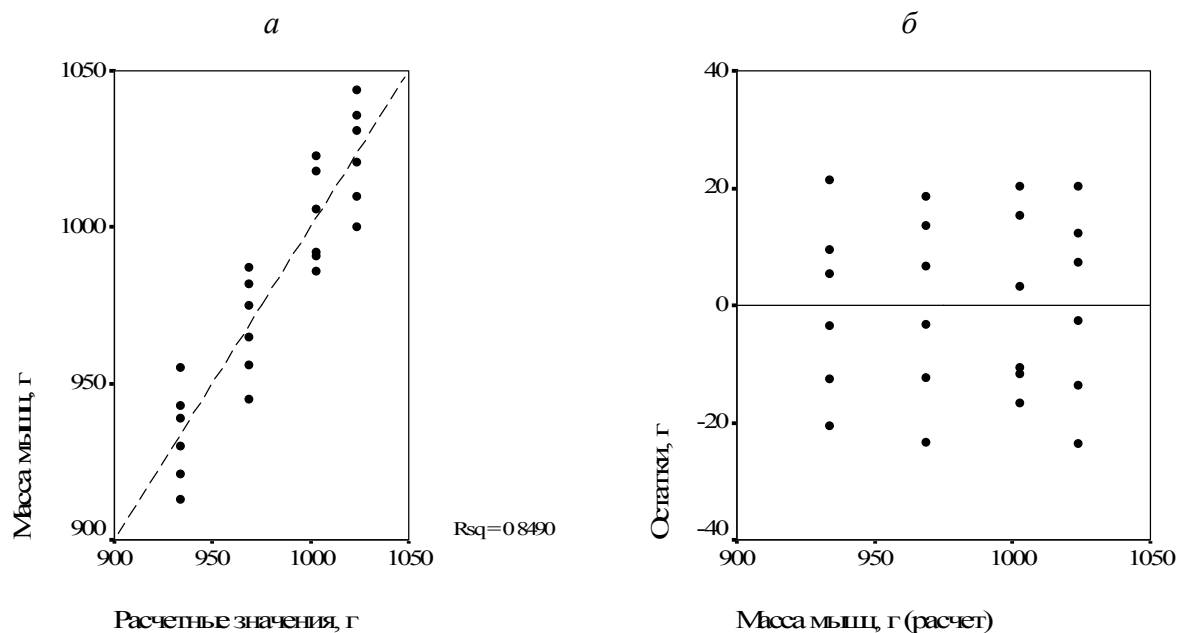


Рисунок 2 – Характеристики качества линейной модели дисперсионного анализа массы мышц полуфабриката цыплят-бройлеров: *а* – связь эмпирических значений показателя с расчетными; *б* – график остатков

Отметим, что представленные в данной публикации модели дисперсионного анализа отражают связь выходных переменных не с количественной независимой переменной (предиктором), а с уровнями номинальной переменной (в данном случае, с номером опытной группы), и не являются регрессионными моделями в классическом понимании этого термина. «Чисто» регрессионные модели, отражающие зависимость ведущих информативных показателей мясных качеств полуфабриката от содержания пробиотика «Olin» в рационе кормления цыплят-бройлеров, будут рассмотрены нами в заключительной публикации.

#### Список литературы.

1. Бююль А., Цёфель П. SPSS: Искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2002. – 608 с.
2. Доугерти К. Введение в эконометрику: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 402 с.
3. Любищев А.А. Дисперсионный анализ в биологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 200 с.

4. Многомерный статистический анализ в экономике: Учеб. пособие для вузов / Л.А. Сошникова, В.Н. Тамашевич, Г. Уебе, М. Шефер. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
5. Мурленков Н.В., Морозова Е.С., Шуметов В.Г. Статистический анализ влияния пробиотика «Olin» на потребительские качества цыплят-бройлеров: постановка задачи // Международный студенческий научный вестник. – 2016.
6. Мурленков Н.В., Шуметов В.Г. Анализ взаимосвязей показателей убойных и мясных качеств тушек цыплят-бройлеров в эксперименте по влиянию дозировок пробиотика «Olin» в рационе кормления // Международный студенческий научный вестник. – 2016.
7. Орлов А.И. Высокие статистические технологии // Заводская лаборатория. – 2003. – Т.69. – №11. – С.55-60.
8. SPSS Base 8.0 для Windows. Руководство по применению. – Перевод–Copyright 1998 СПСС Русь. – 397 с.