

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЕТСКИХ САДОВ

***Клименок А.В., магистр, аспирант***

*г. Новосибирск, ФГБОУ ВО СГУПС*

***Ламанова А.О., студент***

*г. Новосибирск, ФГБОУ ВО СГУПС*

***Кузнецов С.М., д.т.н, профессор***

*г. Новосибирск, ФГБОУ ВО СГУПС*

Для обоснования стоимости строительства детских садов в СГУПС созданы базы данных и разработано соответствующее программное обеспечение [1 – 5]. По данным выборки с помощью программы «Modell» [6, 7] методом наименьших квадратов были построены регрессионные уравнения показателей стоимости строительства малоэтажных зданий. С помощью программы «Diagram» [7] построены доверительных интервалы этих моделей.

С помощью программного обеспечения «Modell» [6, 7] для выборки из *n* записей, методом наименьших квадратов строится регрессионное уравнение и формируется таблица дисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1 – Таблица дисперсионного анализа

Источник	Число степеней свободы	Сумма квадратов (SS)	Дисперсия (MS)	F-критерий
Регрессия	1	$S_r$	$S_r$	$F$
Остаток	$n - 2$	$S_s$	$s^2$	
Общий, скорректированный	$n - 1$	$S_p$		

Сумма квадратов регрессии определяется по формуле

$$S_r = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right) / n \right\}^2}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 / n}, \quad (1)$$

Сумма квадратов общая определяется по формуле

$$S_p = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 / n, \quad (2)$$

Сумма квадратов остатка определяется по формуле

$$S_s = S_p - S_r, \quad (3)$$

Стандартное отклонение определяется по формуле

$$s = \sqrt{\frac{S_s}{n - 2}}. \quad (4)$$

Дисперсия и стандартное отклонение, показанные выше, относятся к предсказываемому *среднему значению*  $Y$  при данном  $X_0$ . Так как фактические значения  $Y$  варьируют около «истинного» среднего значения с дисперсией  $\sigma^2$  (не зависимой от  $V(Y)$ ), предсказанное значение индивидуального наблюдения будет по-прежнему определяться величиной  $\hat{Y}$ , но с дисперсией

$$\sigma^2 \left\{ 1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \right\}, \quad (5)$$

и с соответствующим значением оценки при подстановке  $\mathbf{s}^2$  вместо  $\sigma^2$ . Доверительные пределы можно найти уже указанным способом, т. е. мы вычисляем 95 %-ный доверительный интервал для нового наблюдения, который будет симметричен относительно  $\hat{Y}_0$  и длина которого будет зависеть от оценки этой новой дисперсии:

$$\hat{Y} \pm t(\nu, 0,975) \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \cdot s, \quad (6)$$

где  $\nu$  – число степеней свободы, на котором основана оценка  $s^2$  (равное здесь  $n-2$ ).

Доверительный интервал для среднего из  $q$  новых наблюдений  $\hat{Y}_0$  определяется

$$\hat{Y} \pm t(\nu, 0,975) \sqrt{\frac{1}{q} + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \cdot s, \quad (7)$$

Эти пределы, конечно, шире, чем для среднего значения  $Y$  при данном  $X_0$ , так как ожидается, что 95 % будущих наблюдений при  $X_0$  (для  $q=1$ ) или будущих средних из  $q$  наблюдений (для  $q>1$ ) лежат внутри них.

Обозначим корень квадратный в выражении (8.10) через  $d_x$

$$d_x = \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}. \quad (8)$$

Тогда доверительный интервал будет определяться по формуле

$$\hat{Y} \pm t(\nu, 0,975) \cdot d_x \cdot s. \quad (9)$$

С помощью программы «Modell» методом наименьших квадратов построены модели стоимости строительства садов (таблица 2).

Таблица 2 – Модели стоимости строительства детских садов

Показатель	$C = 26783,4 + 554,092 N$	$C_{1к} = 39,123 - 0,0159 N$	$C_{1м} = 950,99 - 1,0634 N$
Доля объясненной вариации, %	74,61	3,40	34,70
Коэффициент множественной корреляции	0,864	0,184	0,589
Средний отклик	150530,5	35,56	713,50
Стандартная ошибка в % от среднего отклика	20,24	22,51	19,27
Стандартная ошибка	30466,4	8,01	137,5
Общий F - критерий регрессии	82,28	0,99	14,88
Табличное значение общего F - критерия	4,22	4,22	4,22

С помощью программы «Diagram» [7] построены доверительных интервалы моделей для оценки эффективности строительства детских садов в г. Новосибирске. В таблице 3 приведены модели и доверительные интервалы стоимости строительства детских садов, Данные по доверительным интервалам приведены в таблице 4. Показатели дисперсионного анализа проиллюстрированы на рисунках 1 – 3.

Таблица 3– Доверительные интервалы моделей стоимости строительства

Модель	Доверительный интервал
$C = 26783,4 + 554,09 N$	$C = 26783,4 + 554,092 N \pm 62378,7 \sqrt{1,0333 + 0,00000402 (N - 223,3)}$
$C_{1к} = 39,123 - 0,0159 N$	$C_{1к} = 39,123 - 0,0159 N \pm 16,393 \sqrt{1,0333 + 0,00000402 (N - 223,3)}$
$C_{1м} = 950,99 - 1,0634 N$	$C_{1м} = 950,99 - 1,0634 N \pm 281,495 \sqrt{1,0333 + 0,00000402 (N - 223,3)}$

Таблица 4 – Данные по доверительным интервалам модели стоимости строительства детского сада

Наименование показателя	$C = 26783,4$ $+ 554,092 N$	$C_{1к} = 39,123$ $- 0,0159 N$	$C_{1м} = 950,99$ $- 1,0634 N$
<b>ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ</b>			
Количество кривых на графике, шт.	3	3	3
Уровень риска, %	5	5	5
Код расчета	0	0	0
Количество факторов в модели, шт.	1	1	1
Количество членов в модели, шт.	1	1	1
<b>ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ</b>			
Средняя величина X	223,33	223,33	223,33
Средняя величина Y	150530,54	35,56	713,50
Сумма квадратов регрессии	76375803094,3	63,15	281300,7
Сумма квадратов SS остатка	25989694026,0	1795,0	529260,8
Сумма квадратов SS общая	102365497120,3	1858,1	810561,4
$t(v, 1 - a / 2)$	2,047	2,047	2,047
$F(2, n - 2, 1 - a)$	3,336	3,336	3,336
Вычисленное значение F-критерия	82,28	0,985	14,88
Остаточная дисперсия $s^2$	928203358,1	64,11	18902,17
Стандартное отклонение $s$	30466,4	8,007	137,5

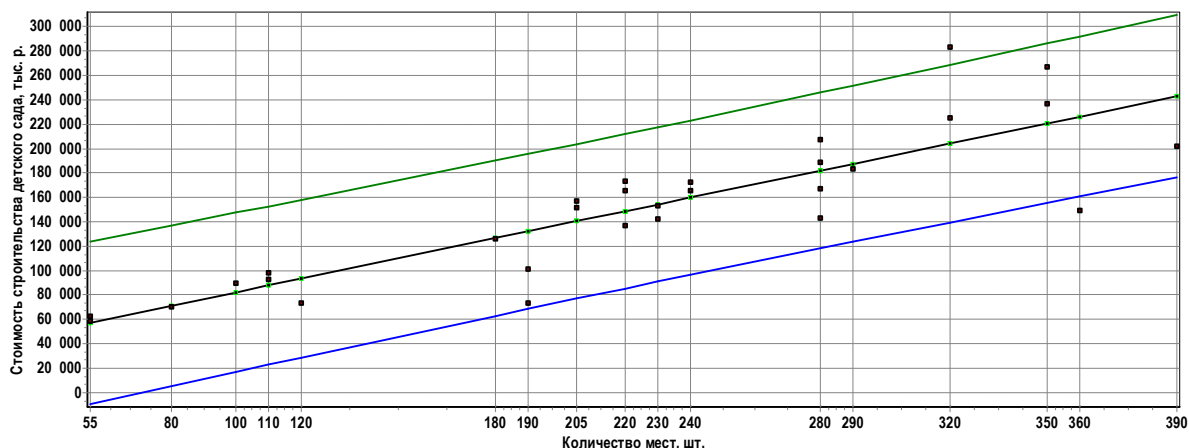


Рисунок 1 – Зависимость между стоимостью детского сада и количеством мест в нем

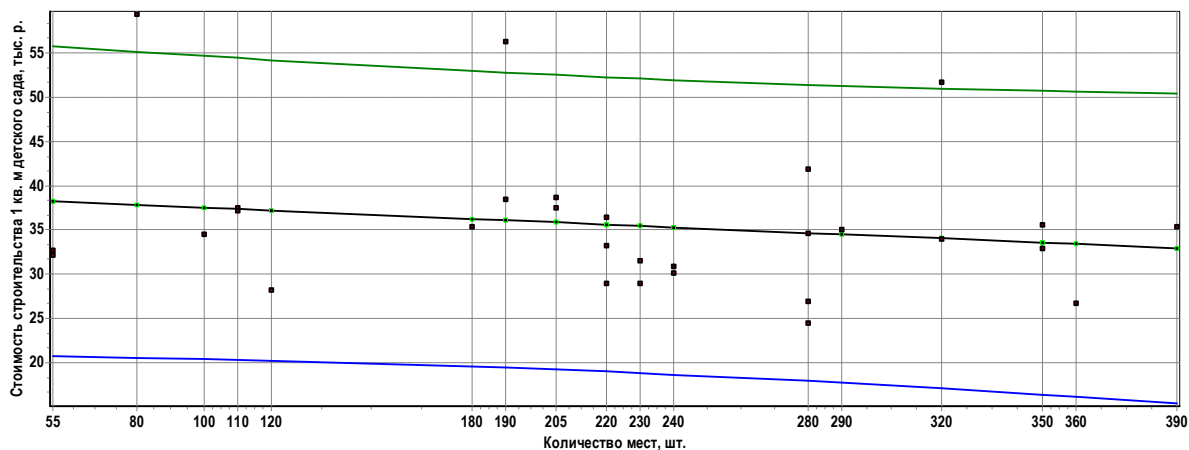


Рисунок 2 – Зависимость между стоимостью строительства 1000 м<sup>2</sup> площади детского сада и количеством мест в нем

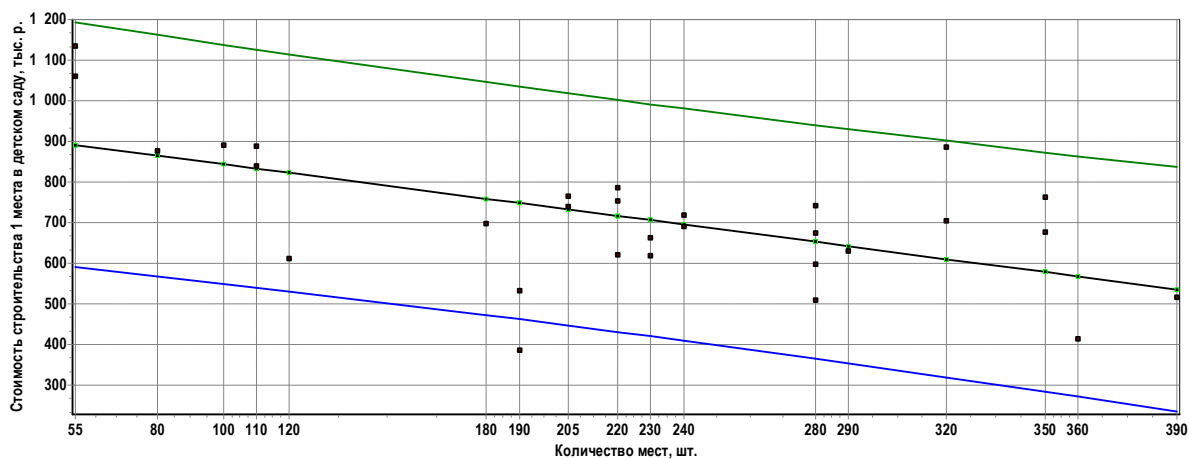


Рисунок 3 – Зависимость между стоимостью строительства 100 мест в детском саду и общим количеством мест в нем

Достоверность полученных результатов сомнения не вызывает, она полностью подтверждается результатами расчетов стоимости строительства детских садов.

**Вывод.** Предложен универсальный способ для оценки стоимости строительства детских садов еще на стадии проектирования объектов.

## Список литературы

1. Кузнецов С.М., Соболева О.В. Обоснование строительства детских садов / Механизация строительства. –2015. –№ 4 (850). –С. 21 – 27.
2. Кузнецов С.М., Скуратовский Г.М., Заморин В.В. Обоснование продолжительности строительства малоэтажных зданий / С.М. Кузнецов // Механизация строительства. –2015. –№ 12 (858). –С. 42 – 46
3. Кузнецов С.М., Соболева О.В., Немчикова Л.А., Шипилова Н.А. Обоснование стоимости строительства детских садов / Вестник Самарского государственного университета путей сообщения. –2016. № 3 (33). С 53 – 62.
4. Сироткин Н.А., Кузнецов С.М., Ячменьков С.Н. Методика обоснования очередности строительства объектов / Экономика ж. д. –2006. –№ 10. –С. 75 – 78.
5. Рогатин Ю.А., Кузнецов С.М. Экономико-математическая модель расчета на ЭВМ технико-экономических показателей зданий из сборного железобетона. Обзорная информация. –Москва: ВНИИТПИ, 1991. –64 с.
6. Редько Ю.М., Кузнецов С.М., Рогатин Ю.А. Автоматизация технико-экономической оценки эффективности конструкций промышленных зданий // Бетон и железобетон. –1989. –№ 1. –С. 12–14.
7. Кузнецов С.М. Теория и практика формирования комплектов и систем машин в строительстве: монография. – Москва: Директ–Медиа, 2015. – 271 с.