

**УДК 666.982.2**

## **ЗАВИСИМОСТЬ МАССЫ АРМИРОВАНИЯ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ОТ РАЗНЫХ ФАКТОРОВ**

Дрюцкая Е.Н., студент гр. СПмоз-241, I курс  
Научный руководитель: Гоголин В.А., д.т.н, профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

Строительство занимает важную роль в жизни человека. На протяжении всего времени эта отрасль активно развивалась, появлялись новые материалы, разрабатывались технологии, и создавались оборудование, машины и механизмы, ускоряющие и облегчающие процесс строительства. И, несмотря на быстрый скачок в развитии строительных технологий, тенденция уменьшения сроков строительства не сбавляет свою актуальность. Зачастую заказчики или смежные организации просят данные раньше начала срока выполнения какой-либо проектной документации, поэтому главными задачами данного исследования являются определение факторов, влияющих на массу армирования, и получение уравнения, по которому можно будет заблаговременно узнать точную массу армирования железобетонных изделий, до момента их разработки.

Для проведения анализа были рассмотрены готовые внутренние стенные панели разных марок цоколя первой блок-секции строящейся инфекционной больницы в г. Кемерово. В качестве анализируемых факторов были взяты: действительная площадь панели, площадь без учета отверстий, длина панели и масса армирования (включая различный диаметр арматуры, закладные детали и т.д.) (табл. 1).

Отверстия в панелях назначают архитекторы (дверные и оконные проемы), инженеры электро-, газо-, тепло- и водоснабжения (отверстия под трубы, короба с проводкой, вентиляционные шахты и т.д.). Размеры отверстий различны, они могут быть большими (1,02 м x 2,1 м), средними (400...1000 x 200...800) и маленькими (100...350 x 100...350), и могут располагаться в стенных панелях в различных местах (по контуру панели, внутри панели) и в разном количестве.

Таблица 1 – Данные для анализа

№	X1 Площадь панели, м <sup>2</sup>	X2 Площадь панели без учета отверстий, м <sup>2</sup>	X3 Длина панели, м	Y Масса армирования, кг
1	18,04	21,45	6,58	188,75
2	19,77	21,45	6,58	189,63
3	19,1	21,16	6,49	200,09
4	18,45	21,16	6,49	181,25
5	20,49	21,16	6,49	181,25
6	19,78	21,16	6,49	201,96
7	20,13	21,16	6,49	187,59
8	16,72	19,49	5,98	190,33
9	16,62	19,49	5,98	184,52
10	18,79	19,49	5,98	168,67
11	14,43	19,49	5,98	334,42
12	15,89	19,49	5,98	193,38
13	14,62	19,49	5,98	222,99
14	16,35	19,49	5,98	188,3
15	16,78	19,49	5,98	190,66
16	19,37	19,49	5,98	156,99
17	15,29	19,49	5,98	237,86
18	16,31	19,49	5,98	191,39
19	16,33	19,49	5,98	201
20	17,02	19,49	5,98	199,41
21	18,38	19,49	5,98	155,88
22	16,29	19,49	5,98	188,17
23	13,63	19,49	5,98	334,6
24	14,77	14,77	4,53	108,08
25	12,26	14,77	4,53	146,37
26	14,12	14,77	4,53	116,84
27	14,51	14,51	4,45	106,38
28	14,24	14,51	4,45	120,98
29	16,78	18,91	5,8	188,5
30	14,08	18,91	5,8	202,05
31	16,84	18,91	5,8	190,75
32	16,36	19,2	5,8	179,97
33	15,95	19,2	5,8	183,01

Анализ выполнялся с помощью метода множественной линейной регрессии, который показывает зависимость одного значения какого-либо величины от других величин. Для проверки взаимосвязи факторов уровень значимости, который показывает вероятность ошибки, принимается 5% (0,05).

Был выполнен «Пакетный анализ» в таблице EXCEL (рис.1), из которого мы выяснили, что уравнение значимо, и только один фактор  $X_1$  (площадь панели) имеет влияние на уравнение регрессии. Проверив зависимость, между площадью панели и массой армирования, выяснили, что связь между факторами существует, а факторы  $X_2$  (площадь панели без учета отверстий) и  $X_3$  (длина панели) взаимосвязаны.

Рис.1. Вывод итогов регрессионного анализа

Для исключения взаимосвязи между факторами  $X_2$  и  $X_3$  было выполнено сравнение двух моделей регрессии, и была принята лучшая модель (рис. 2).

Рис.2. Модель регрессии с факторами  $X_1$  и  $X_3$

В результате получили уравнение регрессии, которое связывает массу арматуры с двумя факторами:

$$Y_{\text{расч}} = 3,089 - 22,099X_1 + 94,569X_3, \quad (1)$$

где  $X_1$  – площадь армирования,  $\text{м}^2$ ;  $X_3$  – длина панели, м.

Анализ уравнения указывает на то, что длина панели уменьшает массу арматуры, а общая площадь панели уменьшает массу арматуры.

Для найденного уравнения регрессии было найдена средняя ошибка аппроксимации  $A_{ср}$  (табл.2). Ошибка аппроксимации показывает, на сколько процентов отклоняется расчетное значение  $Y_{расч}$  (расчетная масса армирования, кг) от наблюдаемого значения (фактическая масса армирования, кг)

Таблица 2 – Сравнение фактических и расчетных масс армирования

Фактическая масса армирования $Y$ , кг	Расчетная масса армирования $Y_{расч}$ , кг	Ошибка аппроксимации $A_i$
188,75	226,69	20,09
189,63	188,46	0,63
200,09	194,75	2,67
181,25	209,12	15,37
181,25	164,03	9,51
201,96	179,72	11,02
187,59	171,99	8,32
190,33	199,12	4,61
184,52	201,33	9,10
334,42	249,72	25,33
193,38	217,46	12,45
222,99	245,52	10,10
188,3	207,29	10,08
190,66	197,79	3,73
156,99	140,55	10,48
237,86	230,72	3,01
191,39	208,18	8,77
201	207,73	3,35
199,41	192,49	3,48
155,88	162,43	4,20
188,17	208,62	10,86

334,6	267,40	20,08
108,08	105,08	2,78
146,37	160,55	9,69
116,84	119,45	2,23
106,38	103,26	2,94
120,98	109,23	9,72
188,5	180,77	4,11
202,05	240,44	18,99
190,75	179,44	5,93
179,97	190,05	5,60
183,01	199,11	8,79
$A_{cp} =$	8,70	

Отсюда можно сделать вывод, что по полученному уравнению регрессии (1) можно прогнозировать массу армирования внутренних стеновых панелей с отклонением расчетного значения от фактического в среднем на 8,7%. Полученное уравнение регрессии позволяет ускорить процесс проектирования зданий. Можно будет спрогнозировать множество вариантов армирования изделий проектируемых зданий, посчитать их стоимость, и выбрать более экономически выгодную модель проектирования.

#### **Список литературы:**

1. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гмурман – М.: Высш. школа, 1979 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://elenagavile.narod.ru/ms/gmurmam.pdf>, свободный. (Дата обращения 20.11.2024) – с 394.: Приложение 7.