## *4.4. Математический аппарат обработки данных исследований контрольной группы.*

В соответствии с выбранными методиками были проведены экспериментальные исследования по оценке профессионально важных психофизиологических и личностных качеств сварщиков на базе предприятия «Мострансгаз» в 1997-1998 г.г. Для оценки профессиональной пригодности была сформирована группа из 32 человек, в которую вошли сварщики, являющиеся по результатам опроса непосредственных руководителей работ, лучшими работниками с точки зрения безаварийности и безопасности, производительности труда, морального климата в коллективе, имеющими высокий разряд и большой стаж работы по данной профессии.

Результаты исследований по тестам для оценки психофизиологических и личностных качеств сварщиков контрольной группы приведены в табл. 4.3.

В таблице 4.3. переменными X1 - X11 обозначены результаты:

X1 - по тесту на устойчивость внимания;

X2 - по тесту на переключение внимания;

X3 - по тесту на технический интеллект;

X4 - по тесту на исполнение инструкций;

X5 - по тесту на глазомер (тест Липмана - Штольценберга);

X6 - по тесту на точность пространственных движений ( отклонение длины от заданного значения);

X7 - по тесту на точность пространственных движений ( отклонение расстояния между прямыми от заданного значения);

X8 - по тесту на точность пространственных движений ( отклонение угла от заданного значения);

Таблица 4.3. Результаты тестирования психофизиологических и личностных качеств сварщиков

| № | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 0,76 | 0,88 | 0,75 | 0,41 | 0,45 | 0,1 | 0,14 | 0,5 | 0,5 | 0,33 |
| 2 | 0,61 | 0,48 | 0,72 | 0,71 | 0,95 | 0,14 | 0,19 | 0,72 | 0,83 | 0,5 |
| 3 | 0,74 | 0,68 | 0,7 | 0,49 | 0,57 | 0,1 | 0,14 | 0,58 | 0,67 | 0,33 |
| 4 | 0,69 | 0,52 | 0,63 | 0,61 | 0,45 | 0,09 | 0,18 | 0,72 | 0,5 | 0,5 |
| 5 | 0,63 | 0,6 | 0,42 | 0,73 | 0,95 | 0,11 | 0,11 | 0,54 | 0,33 | 0,33 |
| 6 | 0,43 | 0,48 | 0,75 | 0,68 | 0,5 | 0,13 | 0,15 | 0,82 | 0,67 | 0,67 |
| 7 | 0,56 | 0,56 | 0,68 | 0,73 | 0,7 | 0,14 | 0,21 | 0,6 | 0,5 | 0,5 |
| 8 | 0,53 | 0,48 | 0,91 | 0,78 | 0,4 | 0,11 | 0,16 | 0,92 | 0,5 | 0,67 |
| 9 | 0,83 | 0,76 | 0,65 | 0,66 | 0,2 | 0,15 | 0,2 | 1,1 | 0,83 | 0,67 |
| 10 | 0,62 | 0,72 | 0,7 | 0,76 | 0,46 | 0,13 | 0,12 | 0,98 | 0,67 | 0,33 |
| 11 | 0,67 | 0,64 | 0,35 | 0,61 | 0,55 | 0,19 | 0,31 | 1,2 | 0,5 | 0,33 |
| 12 | 0,78 | 0,64 | 0,73 | 0,88 | 0,87 | 0,12 | 0,16 | 0,84 | 0,67 | 0,5 |
| 13 | 0,42 | 0,4 | 0,68 | 0,4 | 0,32 | 0,12 | 0,13 | 0,7 | 0,83 | 0,67 |
| 14 | 0,66 | 0,6 | 0,87 | 0,68 | 0,18 | 0,08 | 0,1 | 0,25 | 0,83 | 0,67 |
| 15 | 0,58 | 0,48 | 0,82 | 0,78 | 0,25 | 0,14 | 0,19 | 0,98 | 0,83 | 0,5 |
| 16 | 0,5 | 0,4 | 0,72 | 0,76 | 0,3 | 0,13 | 0,17 | 0,88 | 0,67 | 0,67 |
| 17 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,85 | 0,87 | 0,11 | 0,18 | 0,7 | 0,67 | 0,33 |
| 18 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,83 | 0,47 | 0,23 | 0,28 | 1,4 | 0,33 | 0,17 |
| 19 | 0,41 | 0,48 | 0,52 | 0,93 | 0,86 | 0,11 | 0,14 | 0,67 | 0,5 | 0,5 |
| 20 | 0,75 | 0,76 | 0,68 | 0,71 | 0,95 | 0,2 | 0,28 | 1,2 | 0,83 | 0,67 |

Продолжение таблицы 4.3.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 0,67 | 0,68 | 0,7 | 0,63 | 0,72 | 0,18 | 0,31 | 1,5 | 0,33 | 0,33 |
| 22 | 0,62 | 0,6 | 0,75 | 0,46 | 0,52 | 0,06 | 0,1 | 0,1 | 0,67 | 0,67 |
| 23 | 0,87 | 0,76 | 0,75 | 0,63 | 0,63 | 0,31 | 0,3 | 1,8 | 0,67 | 0,5 |
| 24 | 0,66 | 0,6 | 0,68 | 0,88 | 0,5 | 0,1 | 0,13 | 0,75 | 0,33 | 0,5 |
| 25 | 0,8 | 0,88 | 0,82 | 0,68 | 0,25 | 0,14 | 0,2 | 0,95 | 1 | 0,67 |
| 26 | 0,72 | 0,76 | 0,78 | 0,9 | 0,52 | 0,05 | 0,11 | 0,3 | 0,83 | 0,33 |
| 27 | 0,65 | 0,56 | 0,77 | 0,51 | 0,5 | 0,11 | 0,18 | 0,83 | 1 | 0,5 |
| 28 | 0,4 | 0,48 | 0,72 | 0,83 | 0,71 | 0,14 | 0,22 | 0,94 | 0,5 | 0,33 |
| 29 | 0,71 | 0,64 | 0,65 | 0,76 | 0,81 | 0,11 | 0,19 | 0,9 | 0,83 | 0,5 |
| 30 | 0,65 | 0,6 | 0,68 | 0,88 | 0,47 | 0,15 | 0,22 | 0,92 | 0,67 | 0,67 |
| 31 | 0,72 | 0,64 | 0,75 | 0,71 | 0,95 | 0,13 | 0,17 | 0,8 | 1 | 0,83 |
| 32 | 0,85 | 0,76 | 0,82 | 0,46 | 0,34 | 0,12 | 0,2 | 1 | 0,67 | 0,5 |

X9 - по тесту на кратковременную память;

X10 - по тесту на долговременную память.

Основой проведения профессионального отбора является классификация испытуемых по уровню профессиональной пригодности в зависимости от степени развития их психофизиологических качеств. Целью данного раздела является установление критерия профессиональной пригодности сварщиков, т.е. границы выше которой работник считается «успешно пригодным», а ниже - «условно пригодным». Эта задача в данной работе решается путем регрессионного анализа зависимости между профессиональной пригодностью сварщиков контрольной группы, определяемой методом экспертных оценок, и результатами их психофизиологического тестирования.

Метод экспертных оценок - это метод интуитивно - логического анализа проблемы, проводимого экспертами с целью принятия решения по исследуемой проблеме, с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов [145]. Применение экспертного метода для оценки профессиональной пригодности сварщиков обусловлено тем, что ее непосредственное измерение с помощью объективных методов или расчета невозможно. Эксперты отвечали следующим требованиям: компетентности, желания участия, деловитости (сосредоточенность, аналитичность и конструктивность) и объективности. В качестве экспертов выступали: мастера, старшие сварщики, заместители начальника линейно - эксплуатационной службы.

Профессиональная пригодность сварщиков оценивалась по шкале от 0 до 5 баллов по следующим показателям: внимание, глазомер, память, технический интеллект, исполнительность и точность пространственных движений. Значение 5 соответствовало наилучшей, максимальной оценке

пригодности сварщика по исследуемому показателю; значение 0 - наихудшей, минимальной оценке; значение 3 - служило нижней границей профессиональной пригодности сварщиков. Так, сварщики, получившие оценку 3-5 считаются «успешно пригодными» для данной профессиональной деятельности, а сварщики, получившие оценку 3-0 - «условно пригодными».

Согласованность мнений экспертов оценивалась по формуле:

$$C = 1 - V, \qquad (4.2)$$

где V - коэффициент вариации, определяемый соотношением

$$V = (\sigma / \bar{y}) * 100\%, \qquad (4.3)$$

где σ - среднеквадратичное отклонение, характеризующее разброс мнений экспертов относительно среднего значения $\bar{y}$ и определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\Sigma(y_i - \bar{y})^2 / (m-1)}, \qquad (4.4)$$

где m - число экспертов.

Среднее значение экспертных оценок, характеризующее мнение экспертов

$$\bar{y} = \Sigma y / m \qquad (4.5)$$

Результаты профессиональной пригодности сварщиков по каждому выделенному в профессиограмме психофизиологическому качеству приведены в табл. 4.4- 4.9.

Согласованность мнений экспертов рассчитывалась по каждому тестируемому качеству каждого сварщика и составляла 87 - 100 %, что указывает на высокую степень согласованности мнений, следовательно, на достоверность и надежность экспертных оценок профессиональной пригодности сварщиков.

Модель расчета зависимости профессиональной пригодности от

Таблица 4.4. Результаты экспертной оценки и тестирования внимания сварщиков (устойчивость и переключение внимания)

| № | Устойчивость внимания, x1 | Переключение внимания, x2 | Профессиональная пригодность сварщика Y |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,76 | 0,88 | 5 |
| 2 | 0,61 | 0,48 | 3,7 |
| 3 | 0,74 | 0,68 | 4,6 |
| 4 | 0,69 | 0,52 | 4,1 |
| 5 | 0,63 | 0,6 | 4 |
| 6 | 0,43 | 0,48 | 2,7 |
| 7 | 0,56 | 0,56 | 3,5 |
| 8 | 0,53 | 0,48 | 3,4 |
| 9 | 0,83 | 0,76 | 5 |
| 10 | 0,62 | 0,72 | 4 |
| 11 | 0,67 | 0,64 | 4,1 |
| 12 | 0,78 | 0,64 | 4,7 |
| 13 | 0,42 | 0,4 | 2,6 |
| 14 | 0,66 | 0,6 | 4,1 |
| 15 | 0,58 | 0,48 | 3,5 |
| 16 | 0,5 | 0,4 | 2,9 |
| 17 | 0,66 | 0,64 | 4,4 |
| 18 | 0,7 | 0,6 | 4,5 |
| 19 | 0,41 | 0,48 | 2,7 |
| 20 | 0,75 | 0,76 | 4,8 |
| 21 | 0,67 | 0,68 | 4,2 |
| 22 | 0,62 | 0,6 | 4 |
| 23 | 0,87 | 0,76 | 5 |
| 24 | 0,66 | 0,6 | 4,3 |
| 25 | 0,8 | 0,88 | 5 |
| 26 | 0,72 | 0,76 | 4,8 |
| 27 | 0,65 | 0,56 | 3,8 |
| 28 | 0,4 | 0,48 | 2,5 |
| 29 | 0,71 | 0,64 | 4,6 |
| 30 | 0,65 | 0,6 | 3,8 |
| 31 | 0,72 | 0,64 | 4,5 |
| 32 | 0,85 | 0,76 | 5 |

Таблица 4.5.

Результаты экспертной оценки и тестирования технического интеллекта сварщиков

| № | Технический интеллект, x3 | Профессиональная пригодность сварщика, Y |
|---|---|---|
| 1 | 0.75 | 4.4 |
| 2 | 0.72 | 4 |
| 3 | 0.7 | 4 |
| 4 | 0.63 | 3.5 |
| 5 | 0.42 | 2.5 |
| 6 | 0.75 | 4.2 |
| 7 | 0.68 | 3.8 |
| 8 | 0.91 | 5 |
| 9 | 0.65 | 3.7 |
| 10 | 0.7 | 4 |
| 11 | 0.35 | 2.2 |
| 12 | 0.73 | 4 |
| 13 | 0.68 | 3.7 |
| 14 | 0.87 | 5 |
| 15 | 0.82 | 4.7 |
| 16 | 0.72 | 4.2 |
| 17 | 0.62 | 3.5 |
| 18 | 0.8 | 5 |
| 19 | 0.52 | 2.9 |
| 20 | 0.68 | 3.8 |
| 21 | 0.7 | 4.1 |
| 22 | 0.75 | 4.4 |
| 23 | 0.75 | 4.2 |
| 24 | 0.68 | 4 |
| 25 | 0.82 | 5 |
| 26 | 0.78 | 4.6 |
| 27 | 0.77 | 4.5 |
| 28 | 0.72 | 4.2 |
| 29 | 0.65 | 3.7 |
| 30 | 0.68 | 4 |
| 31 | 0.75 | 4.4 |
| 32 | 0.82 | 4.8 |

Таблица 4.6. Результаты экспертной оценки и тестирования исполнительности сварщиков.

| № | Исполнение инструкций, x4 | Профессиональная пригодность сварщика, Y |
|---|---|---|
| 1 | 0,41 | 2,5 |
| 2 | 0,71 | 4 |
| 3 | 0,49 | 2,7 |
| 4 | 0,61 | 3,4 |
| 5 | 0,73 | 4,4 |
| 6 | 0,68 | 3,7 |
| 7 | 0,73 | 4,3 |
| 8 | 0,78 | 4,6 |
| 9 | 0,66 | 3,9 |
| 10 | 0,76 | 4,4 |
| 11 | 0,61 | 3,5 |
| 12 | 0,88 | 5 |
| 13 | 0,4 | 2,3 |
| 14 | 0,68 | 3,8 |
| 15 | 0,78 | 4,7 |
| 16 | 0,76 | 4,5 |
| 17 | 0,85 | 5 |
| 18 | 0,83 | 4,8 |
| 19 | 0,93 | 5 |
| 20 | 0,71 | 4,1 |
| 21 | 0,63 | 3,5 |
| 22 | 0,46 | 2,5 |
| 23 | 0,63 | 3,7 |
| 24 | 0,88 | 5 |
| 25 | 0,68 | 4 |
| 26 | 0,9 | 5 |
| 27 | 0,51 | 2,8 |
| 28 | 0,83 | 4,8 |
| 29 | 0,76 | 4,5 |
| 30 | 0,88 | 5 |
| 31 | 0,71 | 4,2 |
| 32 | 0,46 | 2,6 |

Таблица 4.7. Результаты экспертной оценки и тестирования глазомера сварщиков.

| № | Глазомер (по 4 тестам), x5 | Профессиональная пригодность сварщика, Y |
|---|---|---|
| 1 | 0,45 | 4 |
| 2 | 0,95 | 2,2 |
| 3 | 0,57 | 3,7 |
| 4 | 0,45 | 4,1 |
| 5 | 0,95 | 2,5 |
| 6 | 0,5 | 3,8 |
| 7 | 0,7 | 3,4 |
| 8 | 0,4 | 4,2 |
| 9 | 0,2 | 5 |
| 10 | 0,46 | 4 |
| 11 | 0,55 | 3,7 |
| 12 | 0,87 | 2,8 |
| 13 | 0,32 | 4,5 |
| 14 | 0,18 | 4,9 |
| 15 | 0,25 | 4,6 |
| 16 | 0,3 | 5 |
| 17 | 0,87 | 2,8 |
| 18 | 0,47 | 3,8 |
| 19 | 0,86 | 2,7 |
| 20 | 0,95 | 2,5 |
| 21 | 0,72 | 3 |
| 22 | 0,52 | 4 |
| 23 | 0,63 | 3,8 |
| 24 | 0,5 | 4 |
| 25 | 0,25 | 4,6 |
| 26 | 0,52 | 4,1 |
| 27 | 0,5 | 4 |
| 28 | 0,71 | 3,3 |
| 29 | 0,81 | 3 |
| 30 | 0,47 | 4,1 |
| 31 | 0,95 | 2,5 |
| 32 | 0,34 | 4,5 |

Таблица 4.8. Результаты экспертной оценки и тестирования точности пространственных параметров движений сварщиков

| № | Отклонение длины, X6 | Отклонение расстояния между прямыми, x7 | Отклонение угла X8 | Профессиональная пригодность сварщика, Y |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,1 | 0,14 | 0,5 | 4,3 |
| 2 | 0,14 | 0,19 | 0,72 | 3,7 |
| 3 | 0,1 | 0,14 | 0,58 | 4,3 |
| 4 | 0,09 | 0,18 | 0,72 | 4,1 |
| 5 | 0,11 | 0,11 | 0,54 | 4,4 |
| 6 | 0,13 | 0,15 | 0,82 | 4 |
| 7 | 0,14 | 0,21 | 0,6 | 3,8 |
| 8 | 0,11 | 0,16 | 0,92 | 4 |
| 9 | 0,15 | 0,2 | 1,1 | 3,6 |
| 10 | 0,13 | 0,12 | 0,98 | 4,1 |
| 11 | 0,19 | 0,31 | 1,2 | 2,8 |
| 12 | 0,12 | 0,16 | 0,84 | 4 |
| 13 | 0,12 | 0,13 | 0,7 | 4,2 |
| 14 | 0,08 | 0,1 | 0,25 | 5 |
| 15 | 0,14 | 0,19 | 0,98 | 3,7 |
| 16 | 0,13 | 0,17 | 0,88 | 4 |
| 17 | 0,11 | 0,18 | 0,7 | 4,1 |
| 18 | 0,23 | 0,28 | 1,4 | 2,7 |
| 19 | 0,11 | 0,14 | 0,67 | 4,2 |
| 20 | 0,2 | 0,28 | 1,2 | 2,8 |
| 21 | 0,18 | 0,31 | 1,5 | 2,9 |
| 22 | 0,06 | 0,1 | 0,1 | 5 |
| 23 | 0,31 | 0,3 | 1,8 | 2 |
| 24 | 0,1 | 0,13 | 0,75 | 4,3 |
| 25 | 0,14 | 0,2 | 0,95 | 3,7 |
| 26 | 0,05 | 0,11 | 0,3 | 5 |
| 27 | 0,11 | 0,18 | 0,83 | 4 |
| 28 | 0,14 | 0,22 | 0,94 | 3,7 |
| 29 | 0,11 | 0,19 | 0,9 | 3,9 |
| 30 | 0,15 | 0,22 | 0,92 | 3,6 |
| 31 | 0,13 | 0,17 | 0,8 | 4 |
| 32 | 0,12 | 0,2 | 1 | 3,7 |

Таблица 4.9. Результаты экспертной оценки и тестирования памяти сварщиков.

| № | Кратковременная память, X9 | Долговременная память, X10 | Профессиональная пригодность сварщика, Y |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 | 0,33 | 2,8 |
| 2 | 0,83 | 0,5 | 4,2 |
| 3 | 0,67 | 0,33 | 3,3 |
| 4 | 0,5 | 0,5 | 3,1 |
| 5 | 0,33 | 0,33 | 2,2 |
| 6 | 0,67 | 0,67 | 4,3 |
| 7 | 0,5 | 0,5 | 3,2 |
| 8 | 0,5 | 0,67 | 3,7 |
| 9 | 0,83 | 0,67 | 5 |
| 10 | 0,67 | 0,33 | 3,3 |
| 11 | 0,5 | 0,33 | 2,8 |
| 12 | 0,67 | 0,5 | 3,8 |
| 13 | 0,83 | 0,67 | 4,6 |
| 14 | 0,83 | 0,67 | 5 |
| 15 | 0,83 | 0,5 | 4,3 |
| 16 | 0,67 | 0,67 | 4,2 |
| 17 | 0,67 | 0,33 | 3,3 |
| 18 | 0,33 | 0,17 | 2 |
| 19 | 0,5 | 0,5 | 3,2 |
| 20 | 0,83 | 0,67 | 5 |
| 21 | 0,33 | 0,33 | 2,3 |
| 22 | 0,67 | 0,67 | 4,2 |
| 23 | 0,67 | 0,5 | 3,6 |
| 24 | 0,33 | 0,5 | 2,7 |
| 25 | 1 | 0,67 | 5 |
| 26 | 0,83 | 0,33 | 4 |
| 27 | 1 | 0,5 | 4,6 |
| 28 | 0,5 | 0,33 | 2,7 |
| 29 | 0,83 | 0,5 | 4,3 |
| 30 | 0,67 | 0,67 | 4,3 |
| 31 | 1 | 0,83 | 5 |
| 32 | 0,67 | 0,5 | 3,8 |

данных психофизиологического тестирования:

$$Yi = b_o + \sum_{j=1}^{n} b\, x_j, \qquad (4.6)$$

где Yi - значение функции отклика (профессиональной пригодности) для i - го наблюдения (сварщика), $x_{ij}$ - значение j-го фактора (результат теста) для i-го наблюдения (сварщика), b - коэффициенты регресии.

При выборе методов определения параметров регрессионной модели можно руководствоваться различными подходами. Один из наиболее естественных и распространенных состоит в том, что при хорошем выборе параметров модели остатки (разность между фактическими и полученными из уравнения регрессии значениями функции отклика) должны в совокупности быть близки к нулю. Меру близости совокупности этих величин к нулю можно выбирать по разному (например, максимум модулей, сумму модулей и т.д.), но наиболее простые формулы расчета получаются, если в качестве этой меры выбрать сумму квадратов. Суть используемого в данной работе метода наименьших квадратов заключается в подборе параметров регрессионной модели исходя из минимизации суммы квадратов остатков, т.е. минимизации следующего выражения [146]:

$$\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \bar{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} [Y_i - (b_o + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \ldots + b_j x_{ij} + \ldots + b_p x_{ip})]^2, \qquad (4.7)$$

где $\bar{Y}_i$ - предсказуемые, значения исследуемой характеристики.

Для отыскания минимума выражения (4.7) определяются частные производные по всем неизвестным $b_0$, $b_1$, $b_2$ … $b_p$ и приравниваются к нулю. Полученные уравнения образуют систему нормальных уравнений:

$$nb_o + b_1 \sum x_{i1} + b_2 \sum x_{i2} + \ldots + b_i \sum x_{ij} + \ldots + b_p \sum x_{ip} = \sum Y_i;$$

$$b_o \sum x_{i1} + b_1 \sum x_{i1}^2 + b_2 \sum x_{i1} x_{i2} + \ldots + b_j \sum x_{i1} x_{ij} + \ldots + b_p \sum x_{i1} x_{ip} = \sum Y_i x_{i1}$$

.....

$$b_o \sum x_{ij} + b_1 \sum x_{i1} x_{ij} + b_2 \sum x_{i2} x_{ij} + \ldots + b_j \sum x_{ij}^2 + \ldots + b_p \sum x_{ip} x_{ij} = \sum Y_i x_{ij}$$

.....

$$b_o \sum x_{ip} + b_1 \sum x_{i1} x_{ip} + b_2 \sum x_{i2} x_{ip} + \ldots + b_j \sum x_{ij} x_{ip} + \ldots + b_p \sum x_{ip}^2 = \sum Y_i x_{ip} \quad (4.8)$$

или в матричной форме:

$$(X^*X)B = X^*Y, \quad (4.9)$$

где B - вектор - столбец искомых коэффициентов, X - матрица всех значений всех рассматриваемых факторов, полученных при проведении эксперимента, Y - вектор- столбец значений отклика, X* - матрица, транспонированная к матрице X.

Для решения системы нормальных уравнений в матричной форме следует умножить ее слева на матрицу, обратную матрице системы нормальных уравнений:

$$(X^*X)^{-1} (X^*X) B = (X^*X)^{-1} (X^*Y), \quad (4.10)$$

$$(X^*X)^{-1} (X^*X) = E, \quad (4.11)$$

где E – единичная матрица.

Таким образом, решение системы нормальных уравнений в матричной форме запишется следующим образом:

$$B = (X^*X)^{-1} (X^*Y) \quad (4.12)$$

Каждый коэффициент уравнения регрессии можно найти по формуле:

$$b_j = \sum_{i=0}^{n} c_{ij} \sum_{i=0}^{n} Y_i x_{ij} \quad (4.13)$$

где $c_{ij}$ - элементы обратной матрицы $(X^*X)^{-1}$

Использование приведенных статистических выводов возможно, так как выполняются следующие предположения:

1. Результаты отдельных измерений представляют собой независимые случайные величины. Проверить эту предпосылку статистическими

средствами достаточно трудно, ее выполнение обеспечено всей методикой эксперимента.

2. Ошибки эксперимента как случайные величины распределены одинаково. Это означает, что измерения отклика имеют равную точность при всех значениях фактора. Это требование тоже трудно поддается статистическому контролю, оно поддерживаться методикой эксперимента.

3. Нормальность распределений ошибок $\varepsilon_1, \ldots \varepsilon_n$; предполагается, что $\varepsilon_i \sim N(0;\sigma^2)$, так что $\varepsilon_i/\sigma \sim N(0;1)$. Проверка этого условия осуществлялась анализом величин $(y_i - \bar{y}_i) / s$, называемых единичными нормальными отклонениями, где $y_i$ –наблюдаемая величина, а $\bar{y}_i$ – соответствующая прогнозируемая величина, получаемая при помощи расчетного уравнения регрессии, s – средний квадрат остатков $(y_i - \bar{y}_i)$, являющийся при справедливости предположения оценкой величины $\sigma^2$ [147]. Исследование остатков этим способом показало, что 95% величин $(y - \bar{y}) / s$, заключены в пределах (-1,96; 1,96), что говорит о том, что предположение $\varepsilon_i/\sigma \sim N(0;1)$ справедливо.

4. Адекватность регрессионной модели исследуемой функциональной зависимости.

Показателем качества подгонки модели является коэффициент детерминированности $R^2$. Сравниваются фактические значения $y$ и значения, получаемые из уравнения прямой, по результатам сравнения вычисляется коэффициент детерминированности, нормированный от 0 до 1. Если он равен 1, то имеет место полная корреляция с моделью, т. е. нет различия между фактическим и оценочным значениями $y$. В противоположном случае, если коэффициент детерминированности равен 0, то уравнение регрессии неудачно для предсказания значений $y$. Коэффициент детермини-

рованности тем больше, чем меньше остаточная сумма квадратов по сравнению с общей регрессионной суммой квадратов. Остаточная сумма квадратов - это сумма квадратов разности между прогнозируемым и фактическим значениями Y. Общей регрессионной суммой квадратов называетя сумма квадратов разности между фактическими значениями Y и средним значением Y [147].

Для определения является ли наблюдаемая взаимосвязь между зависимой и независимой переменными случайная или нет используется F - статистика. Если F - наблюдаемое ($F_н$) больше, чем F - критическое ($F_{кр}$), то взаимосвязь между переменными имеется.

Используется также t - статистика, показывающая все ли переменные (факторы), использованные в уравнении регрессии, полезны для предсказания значения отклика. Если наблюдаемое t - значение ($t_н$), равное отношению коэффициента наклона для исследуемой переменной к оценке ее стандартной ошибки, превышает t - критическое ($t_{кр}$), то переменная имеет статистическую значимость.

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования психофизиологических и личностных качеств приведены в табл. 4.10- 4.15. В таблицах использовались следующие обозначения: SS - регрессионная сумма квадратов; MS - остаточная сумма квадратов; df - число степеней свободы; критические значения t- критерия и F- статистики определялись на 1% уровне значимости (99% доверительной вероятности).

Таблица 4.10

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования внимания

| | Коэффициенты регрессии | Стандартная ошибка |
|---|---|---|
| Y – пересечение | 0,075 | 0,145 |
| X1 | 4,77 | 0,38 |
| X2 | 1,41 | 0,38 |

| $R^2$ | Стандартная ошибка оценки Y | SS | MS | df | $F_н$ | $F_{кр}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,96 | 0,149 | 17,4 | 0,64 | 29 | 393,1 | 5,42 |

| | $t_н$ | $t_{кр}$ |
|---|---|---|
| X1 | 12,55 | 2,756 |
| X2 | 3,72 | 2,756 |

Таблица 4.11.

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования технического интеллекта

| | Коэффициенты регрессии | Стандартная ошибка |
|---|---|---|
| Y - пересечение | 0,022 | 0,16 |
| X3 | 5,73 | 0,22 |

| $R^2$ | Стандартная ошибка оценки Y | SS | MS | df | $F_н$ | $F_{кр}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,95 | 0,14 | 13,22 | 0,6 | 30 | 663,7 | 7,56 |

| | $t_н$ | $t_{кр}$ |
|---|---|---|
| X3 | 25,76 | 2,75 |

Таблица 4.12.

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования исполнительности.

| | Коэффициенты регрессии | Стандартная ошибка |
|---|---|---|
| Y - пересечение | -0,002 | 0,115 |
| X4 | 5,75 | 0,161 |

| $R^2$ | Стандартная ошибка оценки Y | SS | MS | df | $F_н$ | $F_{кр}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,97 | 0,132 | 22,13 | 0,52 | 30 | 1264,83 | 7,56 |

| | $t_н$ | $t_{кр}$ |
|---|---|---|
| X4 | 35,56 | 2,75 |

Таблица 4.13.

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования глазомера

| | Коэффициенты регрессии | Стандартная ошибка |
|---|---|---|
| Y - пересечение | 5,57 | 0,07 |
| X5 | -3,26 | 0,11 |

| $R^2$ | Стандартная ошибка оценки Y | SS | MS | df | $F_н$ | $F_{кр}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,96 | 0,147 | 18,68 | 0,65 | 30 | 863,41 | 7,56 |

| | $t_н$ | $t_{кр}$ |
|---|---|---|
| X5 | -29,38 | 2,75 |

Таблица 4.14.

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования точности пространственных движений.

| | Коэффициенты регрессии | Стандартная ошибка |
|---|---|---|
| Y - пересечение | 5,77 | 0,047 |
| X6 | -5,39 | 0,68 |
| X7 | -4,33 | 0,48 |
| X8 | -0,47 | 0,1 |

| $R^2$ | Стандартная ошибка оценки Y | SS | MS | df | $F_н$ | $F_{кр}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,98 | 0,07 | 13,35 | 0,18 | 28 | 702,65 | 4,57 |

| | $t_н$ | $t_{кр}$ |
|---|---|---|
| X6 | -7,82 | 2,763 |
| X7 | -8,96 | 2,763 |
| X8 | -4,65 | 2,763 |

Таблица 4.15.

Результаты регрессионного анализа зависимости профессиональной пригодности сварщиков от результатов тестирования памяти

| | Коэффициенты регрессии | Стандартная ошибка |
|---|---|---|
| Y – пересечение | 0,5 | 0,12 |
| X9 | 2,99 | 0,19 |
| X10 | 2,5 | 0,24 |

| $R^2$ | Стандартная ошибка оценки Y | SS | MS | df | $F_н$ | $F_{кр}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,96 | 0,17 | 23,48 | 0,89 | 29 | 380,94 | 5,42 |

| | $t_н$ | $t_{кр}$ |
|---|---|---|
| X9 | 15,44 | 2,756 |
| X10 | 10,37 | 2,756 |

Результаты проведенного анализа показывают, что построенные с помощью регрессионного анализа зависимости полезны для прогнозирования профессиональной пригодности сварщиков. Так, высокие значения коэффициента детерминированности 0,95-0,98 показывают, что полученные уравнения регрессии удачны для предсказания профессиональной пригодности сварщиков. Значения F - статистики заметно больше критических значений F, что указывает на то, что связь между профессиональной пригодностью сварщиков и результатами их тестирования не является случайной. Абсолютная величина t - статистика также больше критического значения t, что говорит о том, что все исследуемые переменные важны для предсказания профессиональной пригодности.

В табл. 4.16 в обобщенном виде представлены расчетные зависимости профессиональной пригодности сварщиков от отдельных психофизиологических и личностных качеств.

Таблица 4.16.
Расчетные зависимости профессиональной пригодности (Y) сварщиков от отдельных психофизиологических качеств ($X_i$)

| Психофизиологическое Качество сварщика, $X_i$ | Регрессионная зависимость профессиональной пригодности сварщика от психофизиологических качеств |
|---|---|
| 1) Внимание:<br>X1 – устойчивость внимания (кольца Ландольта),<br>X2 – переключение внимания (растановка чисел) | $Y_1 = 0{,}075+4{,}77 \cdot X1+1{,}41 \cdot X2$ |
| 2) Технический интелект: X3 | $Y_2 = 0{,}022+5{,}73 \cdot X3$ |
| 3) Производственная дисциплина: X4 | $Y_3 = -0{,}002+5{,}74 \cdot X4$ |
| 4) Глазомер: X5 | $Y_4 = 5{,}57-3{,}26 \cdot X5$ |
| 5) Тест – линии: X6,X7,X8 | $Y_5 = 5{,}77- 5{,}39 \cdot X6-4{,}33 \cdot X7-0{,}47 \cdot X8$ |
| 6) Память: X9 – кратковременная; X11 – долговременная. | $Y_6 = 0{,}5 +2{,}99 \cdot X9 + 2{,}5 \cdot X10$ |

Обобщенный критерий профессиональной пригодности сварщика, Y:

$$Y = \sum_{i=1}^{6} Y_i / 6 \qquad (4.14)$$

Сварщик считается «успешно пригодным» при значениях $Y \geq 3$ и «условно пригодным» при $Y < 3$. В случае если хотя бы одно из значений $Y_i$ меньше 3 работник должен быть отнесен к категории «условно пригодных» для выполнения данного вида профессиональной деятельности.

### *4.5. Выводы*

1. Экспериментальные исследования впервые позволили определить профессионально важные качества сварщиков и выбрать методики для их оценки.

2. Для корректной обработки данных, полученных в результате исследований контрольной группы сварщиков, использовался регрессионный анализ зависимости их профессиональной пригодности, определяемой экспертным методом, от результатов тестирования, позволивший определить критерий профессиональной пригодности.

3. В качестве обобщенного критерия оценки профпригодности используется средневзвешенная величина профессиональной пригодности Y по всем исследуемым качествам, позволяющая относить сварщиков к категории «успешно пригодных» и «условно пригодных».