

*Valery M. Platonov,  
ScD, Professor,  
Deputy General Director  
UralVagonZavod, Dzerzhinsk*

*Nina A. Kvasova,  
assistant professor,  
Magnitogorsk State Technical University of G.I. Nosov*

### **The Impact of Technological Personnel on Quality Performance of the Continuous Hot Galvanizing Unit of OJSC "MMK"**

**Key words:** *economical requirements, workflow efficiency, quality, staff influence, the Theory of Fuzzy Sets*

**Annotation:** *This issue contains the factor analyses of the technical staff influence on workflow efficiency and losses. In order to determinate the main factors effecting the workflow efficiency the manufactory employees were interviewed as well as the list of staff has been analyzed. The study results were processed by the standard procedure of Mathematical Statistics in order to obtain the statistically adequate model. Each factor importance has been rated by the Group of Experts using the Fuzzy Sets Theory instruments.*

Более полное удовлетворение соответствия заказанного материала требованиям покупателя не только важный фактор сохранения устойчивой позиции производителя на рынке, но и важный экономический фактор. Подобное несоответствие может повлечь за собой не только отказ от потребления продукции данного производителя, но и создание плохого мнения о качестве производимой им продукции. Также законодательной базой РФ предусмотрена система штрафов, неустоек по случаю поставки продукции, по параметрам не соответствующей заказанной.

Даже, если не соответствующая стандарту продукция была отслежена до отгрузки, ее транспортировка до места переработки, непосредственно переработка, а также увеличение себестоимости за счет этого приносит потери предприятию.

В данной работе рассмотрены факторы, позволяющие оценить влияние технологического персонала на качественные показатели работы выхода несоответствующей стандарту продукции (на примере горячекатаной ленты Агрегата Непрерывного Горячего Цинкования (АНГЦ) Открытого Акционерного Общества «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») и на потери, связанные с этим выходом.

Для выявления основных факторов, влияющих на качество покрытия полосы на АНГЦ ОАО «ММК», осуществлен сбор статистической информации. Для получения адекватной модели работы, был проанализирован списочный состав и проведен опрос

рабочего персонала цеха. Полученные результаты обработаны с помощью стандартных процедур математической статистики. Важность каждого фактора, оказывающего влияние на качество продукции, была оценена группой экспертов и результаты свернуты с помощью инструментов теории нечетких множеств.

В результате получен вектор интегральной оценки качества листового покрытия, который позволяет на стадии планирования заказа прогнозировать реальную стоимость готовой продукции для заказчика в зависимости от необходимого уровня качества продукции.

Обработка статистических данных по качеству исследуемых видов несоответствующей продукции АНГЦ ОАО «ММК» за 2012 год позволила выделить наиболее часто встречаемые дефекты.

Анализ качества покрытия горячекатаной ленты показал (рисунок 1), что основными дефектами являются шевроны (наплывы), надав, царапина, заусенец, непроцинковка и неплоскостность.

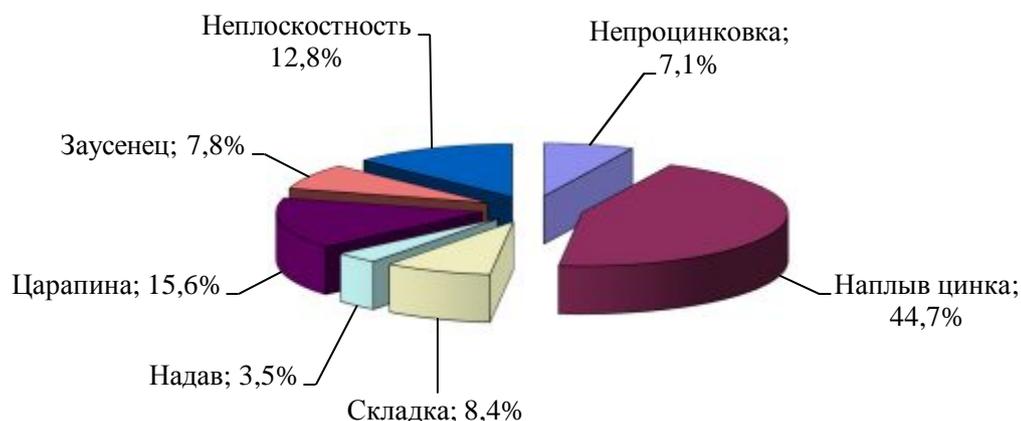


Рисунок 1 - Диаграмма распределения несоответствия продукции параметрам заказов по геометрии за 2012 г.

Для выявления основных факторов, влияющих на качество продукции, осуществлен сбор статистической информации на участке готовой продукции. Для получения адекватной модели работы агрегата непрерывного цинкования, был проанализирован списочный состав сотрудников и проведен опрос рабочего персонала цеха. Полученные результаты обработаны с помощью стандартных процедур математической статистики (рисунок 2).

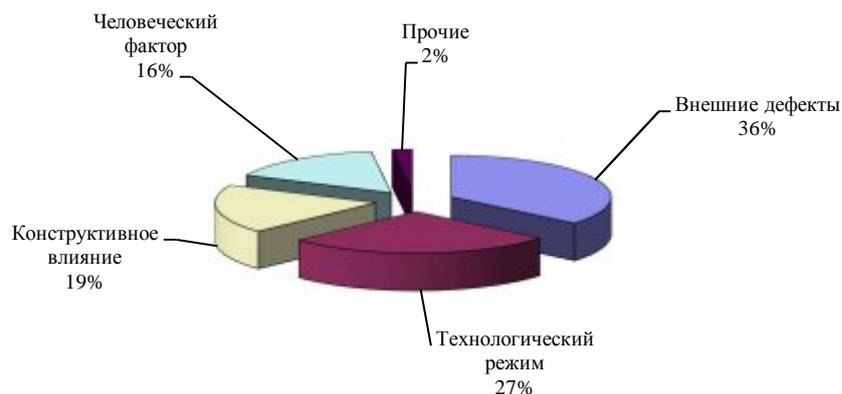


Рисунок 2– Причины возникновения несоответствий заказу

В результате полученных данных было выявлено пять основных факторов влияющих на качество продукции: внешние дефекты, технологический режим, конструктивное влияние, человеческий фактор. Среди оставшихся причин наибольшее влияние может оказать только вероятность возникновения аварийных ситуаций и технологических отказов оборудования являющихся не регулируемыми и сложно прогнозируемыми. Выявленные факторы были структурированы в иерархию влияния на качество продукции (рисунок 3).

Затем была проведена экспертная оценка степени влияния выявленных факторов с привлечением рабочего персонала АНГЦ ОАО «ММК». В результате анкетирования экспертной группы, в состав которой помимо рабочего персонала вошли ученые, работающие в «МГТУ им. Г.И. Носова». Для каждого фактора выставлена согласованная оценка степени значимости каждого фактора. В условиях производства сложно оценивать качество оцинкованной продукции одновременно по всем факторам, характеризующим объект управления с количественной и качественной сторон.

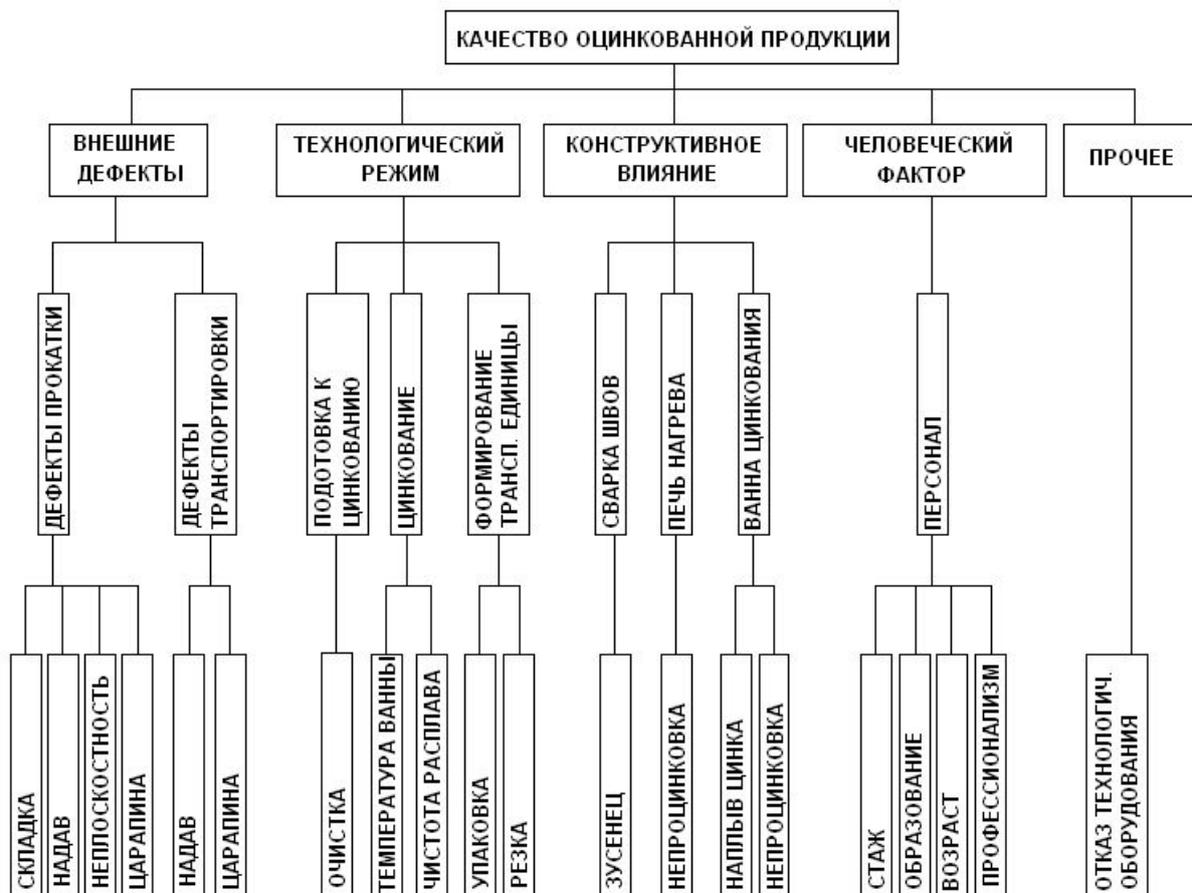


Рисунок 3 - Структурированная схема качества продукции.

Для учета всех этих факторов, предлагается их объединение в единый показатель, отражающий степень влияния факторов на качество – интегральную оценку показателей качества ( $I_k$ ). Учет разноплановых факторов в единой оценке возможен с использованием математической статистики и теории нечетких множеств.

Определение факторов влияющих на качество – интегральной оценки ( $I_k$ ) – производилось в четыре этапа методом анализа иерархий и отношения предпочтений теории нечетких множеств (1).

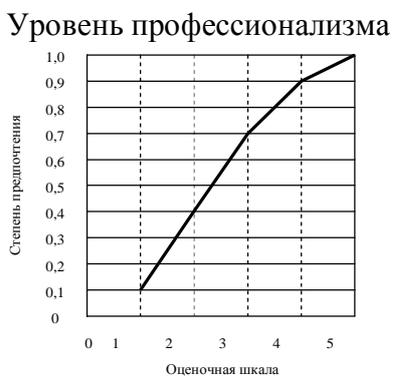
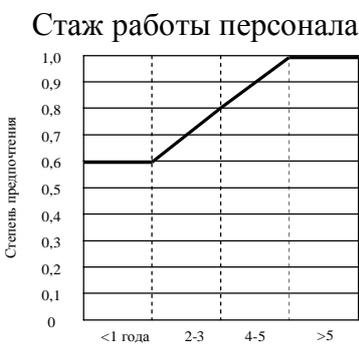
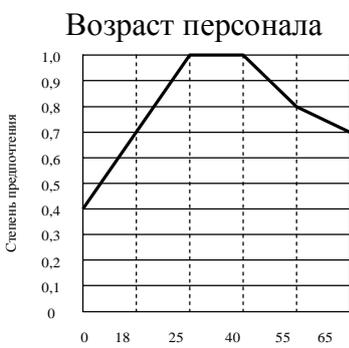
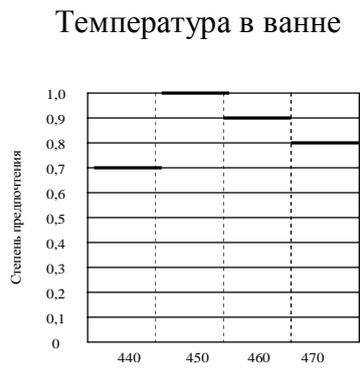
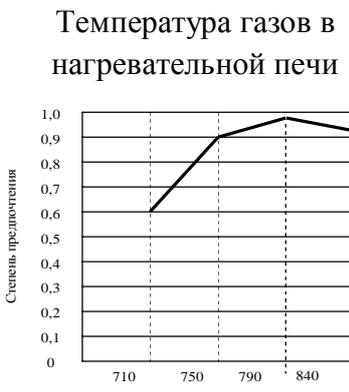
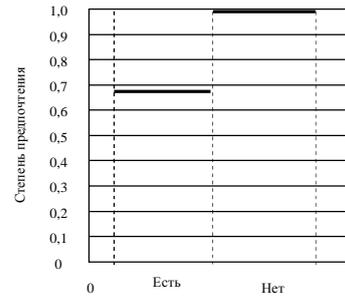
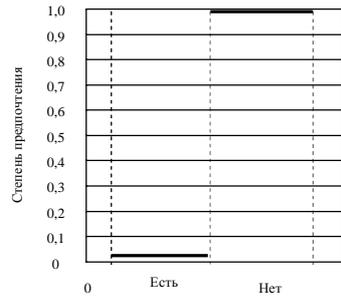
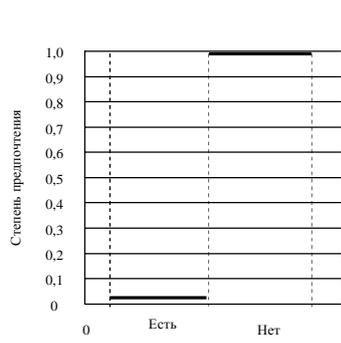
На 1 этапе для каждого из факторов, влияющих на качество сортовой заготовки, определили наиболее актуальные.

На 2 этапе для каждого фактора определили его возможные значения и построили функции принадлежности. Функции принадлежности для всех факторов представлены на рисунке 4.

Наличие складки металла

Наличие надава

Наличие неплоскостности



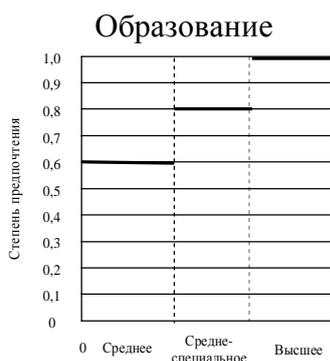


Рисунок 4 - Функции принадлежности для всех факторов

На 3 этапе для определения весовых коэффициентов влияния конкретного фактора на качество сортовой заготовки, построили матрицу попарных сравнений факторов с усредненными результатами экспертных оценок (среднеарифметической степени значимости каждого фактора (рисунок 5)).

Размерность матрицы  $m$  на  $m$ , где  $m$  – количество факторов. Данная матрица отражает значимость одного фактора по сравнению с остальными. Заполнение матрицы попарных сравнений может производиться как группой экспертов, так и одним экспертом. В случае заполнения группой экспертов возможно два варианта – согласование мнений экспертов до вынесения оценки, либо согласование после постановки оценок путем метода принятия экспертных оценок.

Матрица попарных сравнений параметров выстраивается однократно. Полученные попарные сравнения образуют массив чисел, которые оформляется в виде матрицы. Данная матрица квадратная и обратносимметричная.

Далее рассчитали нормализованный вектор матрицы попарных сравнений. Расчет компонент собственного вектора производится по формуле К. Пирсона:

$$N_j = \sqrt[m]{b_{j1} \cdot b_{j2} \cdot \dots \cdot b_{jm}}, (j = \overline{1, m}) \quad (1)$$

Где  $b_{ji}$  – элементы нормализованного вектора.

Рисунок 5 - Матрица попарных сравнений

|    |   |                          |                 |                         |                 |                  |                      |                        |                  |                     |                   |                       |                          |             |                         |                   |             |                        |
|----|---|--------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|------------------|----------------------|------------------------|------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|-------------------------|-------------------|-------------|------------------------|
| 2  |   | 9                        | 9               | 7                       | 6               | 6                | 9                    | 7                      | 9                | 9                   | 4                 | 5                     | 7                        | 5           |                         |                   |             |                        |
| 3  |   | Наличие осадков металла  | Наличие надрыва | Наличие неплоскостности | Наличие царапин | Наличие заусениц | Наличие непрошиновок | Наличие наплывов цинка | Температура печи | Температура в ванне | Возраст персонала | Стаж работы персонала | Уровень профессионализма | Образование | Построение произведения | Корень 13 степени |             | Нормализованный вектор |
| 4  | 9 | Наличие складки металла  | 1,00            | 1,00                    | 0,78            | 0,67             | 0,67                 | 1,00                   | 0,78             | 1,00                | 1,00              | 0,44                  | 0,56                     | 0,78        | 0,56                    | 0,028685112       | 0,760953635 | 0,0564744              |
| 5  | 9 | Наличие надрыва          | 1,00            | 1,00                    | 0,78            | 0,67             | 0,67                 | 1,00                   | 0,78             | 1,00                | 1,00              | 0,44                  | 0,56                     | 0,78        | 0,56                    | 0,028685112       | 0,760953635 | 0,0564744              |
| 6  | 7 | Наличие неплоскостности  | 1,29            | 1,29                    | 1,00            | 0,86             | 0,86                 | 1,29                   | 1,00             | 1,29                | 1,29              | 0,57                  | 0,71                     | 1,00        | 0,71                    | 0,752548766       | 0,978368959 | 0,0726099              |
| 7  | 6 | Наличие царапин          | 1,50            | 1,50                    | 1,17            | 1,00             | 1,00                 | 1,50                   | 1,17             | 1,50                | 1,50              | 0,67                  | 0,83                     | 1,17        | 0,83                    | 5,582682292       | 1,141430452 | 0,0847116              |
| 8  | 6 | Наличие заусениц         | 1,50            | 1,50                    | 1,17            | 1,00             | 1,00                 | 1,50                   | 1,17             | 1,50                | 1,50              | 0,67                  | 0,83                     | 1,17        | 0,83                    | 5,582682292       | 1,141430452 | 0,0847116              |
| 9  | 9 | Наличие непрошиновок     | 1,00            | 1,00                    | 0,78            | 0,67             | 0,67                 | 1,00                   | 0,78             | 1,00                | 1,00              | 0,44                  | 0,56                     | 0,78        | 0,56                    | 0,028685112       | 0,760953635 | 0,0564744              |
| 10 | 7 | Наличие наплывов цинка   | 1,29            | 1,29                    | 1,00            | 0,86             | 0,86                 | 1,29                   | 1,00             | 1,29                | 1,29              | 0,57                  | 0,71                     | 1,00        | 0,71                    | 0,752548766       | 0,978368959 | 0,0726099              |
| 11 | 9 | Температура печи         | 1,00            | 1,00                    | 0,78            | 0,67             | 0,67                 | 1,00                   | 0,78             | 1,00                | 1,00              | 0,44                  | 0,56                     | 0,78        | 0,56                    | 0,028685112       | 0,760953635 | 0,0564744              |
| 12 | 9 | Температура в ванне      | 1,00            | 1,00                    | 0,78            | 0,67             | 0,67                 | 1,00                   | 0,78             | 1,00                | 1,00              | 0,44                  | 0,56                     | 0,78        | 0,56                    | 0,028685112       | 0,760953635 | 0,0564744              |
| 13 | 4 | Возраст персонала        | 2,25            | 2,25                    | 1,75            | 1,50             | 1,50                 | 2,25                   | 1,75             | 2,25                | 2,25              | 1,00                  | 1,25                     | 1,75        | 1,25                    | 1086,498874       | 1,712145678 | 0,1270674              |
| 14 | 5 | Стаж работы персонала    | 1,80            | 1,80                    | 1,40            | 1,20             | 1,20                 | 1,80                   | 1,40             | 1,80                | 1,80              | 0,80                  | 1,00                     | 1,40        | 1,00                    | 59,7309073        | 1,369716542 | 0,1016539              |
| 15 | 7 | Уровень профессионализма | 1,29            | 1,29                    | 1,00            | 0,86             | 0,86                 | 1,29                   | 1,00             | 1,29                | 1,29              | 0,57                  | 0,71                     | 1,00        | 0,71                    | 0,752548766       | 0,978368959 | 0,0726099              |
| 16 | 5 | Образование              | 1,80            | 1,80                    | 1,40            | 1,20             | 1,20                 | 1,80                   | 1,40             | 1,80                | 1,80              | 0,80                  | 1,00                     | 1,40        | 1,00                    | 59,7309073        | 1,369716542 | 0,1016539              |
| 17 |   |                          |                 |                         |                 |                  |                      |                        |                  |                     |                   |                       |                          |             |                         | 13,47431472       |             | 1                      |
| 18 |   | сумма столбцов           | 17,71           | 17,71                   | 13,77           | 11,80            | 11,80                | 17,71                  | 13,77            | 17,71               | 17,71             | 7,87                  | 9,84                     | 13,77       | 9,84                    |                   | λ           | ис                     |
| 19 |   | индекс согласованности   | 23,27           | 23,27                   | 14,08           | 10,34            | 10,34                | 23,27                  | 14,08            | 23,27               | 23,27             | 4,60                  | 7,18                     | 14,08       | 7,18                    |                   | 198,223     | 15,435                 |
| 20 |   |                          |                 |                         |                 |                  |                      |                        |                  |                     |                   |                       |                          |             |                         |                   |             |                        |
| 21 |   |                          |                 |                         |                 |                  |                      |                        |                  |                     |                   |                       |                          |             |                         |                   |             | ос                     |
| 22 |   |                          |                 |                         |                 |                  |                      |                        |                  |                     |                   |                       |                          |             |                         |                   |             | 0,055                  |

На 4 этапе сформировали матрицы значений всех функций принадлежности для всех показателей качества (рис.6), размерностью  $n$  на  $m$ . Производится корректировка матрицы фактических значений функций принадлежности на нормализованный вектор матрицы попарных сравнений. Результирующий вектор и является интегральной оценкой качества сортовой заготовки.

Вычисление вектора интегральной оценки качества готовой продукции АНГЦ производится по формуле:

$$\vec{I}_k = (a_{ij}) \cdot \vec{N}_{ij}^{\text{тр.ин.}} \quad (2)$$

Где  $a_{ij}$  – элементы матрицы;

$N_{ij}$  – собственный вектор матрицы.

Проверка согласованности матриц производится путем расчета индекса согласованности и отношения согласованности.

| 7  |   | 9                       | 9              | 7                    | 6               | 6                | 9                       | 7                     | 9                                 | 9                   | 4                 | 5                     | 7                        | 5           |                          |                        |                        |                            |              |  |      |  |
|----|---|-------------------------|----------------|----------------------|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------------|--|------|--|
|    |   | Наличие складки металла | Наличие надава | Наличие непопуклости | Наличие царапин | Наличие заусениц | Наличие непроциклировки | Наличие напылов цинка | Температура в нагревательной печи | Температура в ванне | Возраст персонала | Стаж работы персонала | Уровень профессионализма | Образование | Построенное производство | Нормализованный вектор | промежуточное значение | Корень тринадцатой степени | Сумма строки | Интегральная оценка качества продукции |      |  |
| 8  | 9 | 04.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 0,70            | 0,90             | 1,00                    | 1,00                  | 0,90                              | 0,90                | 0,80              | 1,00                  | 1,00                     | 1,00        | 0,326592                 | 0,080030046            | 0,847957               | 0,917520573                | 12,00        | 0,077922078                            |      |  |
| 9  | 9 | 05.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 0,70            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 0,90                              | 0,90                | 0,80              | 1,00                  | 0,90                     | 1,00        | 0,326592                 | 0,080030046            | 0,849068               | 0,917520573                | 12,00        | 0,077922078                            |      |  |
| 10 | 7 | 06.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 0,80              | 1,00                  | 0,90                     | 1,00        | 0,72                     | 0,085047751            | 0,904707               | 0,975047059                | 12,70        | 0,082467532                            |      |  |
| 11 | 6 | 07.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 1,00              | 0,90                  | 1,00                     | 0,80        | 0,72                     | 0,085047751            | 0,903068               | 0,975047059                | 12,70        | 0,082467532                            |      |  |
| 12 | 6 | 08.06.2012              | 0,10           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 1,00              | 0,90                  | 1,00                     | 1,00        | 0,09                     | 0,072476026            | 0,84805                | 0,830915989                | 12,00        | 0,077922078                            |      |  |
| 13 | 4 | 11.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 0,40              | 0,40                  | 0,40                     | 1,00        | 0,064                    | 0,07060004             | 0,792214               | 0,809408369                | 11,20        | 0,072727273                            |      |  |
| 14 | 5 | 12.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 0,20             | 1,00                    | 1,00                  | 0,20                              | 0,40                | 1,00              | 0,40                  | 0,40                     | 0,60        | 0,000614                 | 0,049384998            | 0,601586               | 0,566184251                | 8,60         | 0,055844158                            |      |  |
| 15 | 6 | 13.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 0,80              | 1,00                  | 0,90                     | 0,60        | 0,432                    | 0,081770668            | 0,870688               | 0,93747628                 | 12,30        | 0,07987013                             |      |  |
| 16 | 7 | 14.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 0,80              | 1,00                  | 0,90                     | 1,00        | 0,72                     | 0,085047751            | 0,904707               | 0,975047059                | 12,70        | 0,082467532                            |      |  |
| 17 | 4 | 15.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 0,90                | 0,80              | 0,70                  | 0,40                     | 1,00        | 0,2016                   | 0,077114585            | 0,836895               | 0,884095686                | 11,80        | 0,076623377                            |      |  |
| 18 | 5 | 18.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 0,80              | 0,40                  | 0,40                     | 1,00        | 0,128                    | 0,074466527            | 0,82306                | 0,853736489                | 11,60        | 0,075324675                            |      |  |
| 19 | 0 | 19.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 0,20                    | 1,00                  | 0,90                              | 0,90                | 1,00              | 1,00                  | 0,90                     | 0,80        | 0,11664                  | 0,073936059            | 0,833472               | 0,847654827                | 11,70        | 0,075974026                            |      |  |
| 20 | 1 | 20.06.2012              | 1,00           | 1,00                 | 1,00            | 1,00             | 1,00                    | 1,00                  | 1,00                              | 1,00                | 1,00              | 0,90                  | 1,00                     | 0,80        | 0,72                     | 0,085047751            | 0,903068               | 0,975047059                | 12,70        | 0,082467532                            |      |  |
| 21 | 2 | сумма столбцов          | 12,10          | 13,00                | 12,40           | 12,10            | 12,20                   | 13,00                 | 11,90                             | 12,10               | 12,50             | 10,40                 | 10,50                    | 10,20       | 11,60                    | 4,57                   | 1,00                   | 10,92                      | 11,46        | 154,00                                 | 1,00 |  |
| 22 |   | индекс согласованности  | 151,19         | 162,44               | 145,80          | 142,27           | 168,33                  | 184,14                | 240,96                            | 147,97              | 146,98            | 134,86                | 141,00                   | 137,96      | 136,39                   |                        |                        |                            |              |  |      |  |
|    |   |                         |                |                      |                 |                  |                         |                       |                                   |                     |                   |                       |                          |             |                          | λ                      | ИС                     | ОС                         |              |  |      |  |
|    |   |                         |                |                      |                 |                  |                         |                       |                                   |                     |                   |                       |                          |             |                          | 2040,306               | 168,942                | 0,055                      |              |  |      |  |

Рисунок 6 - Матрица значений функций принадлежности для показателей качества продукции

Вектор интегральной оценки качества готовой продукции АНГЦ позволит рассчитать инвестиционную привлекательность данного вида производства, определить экономические риски получения недоброкачественной продукции и корректировать стоимость готовой продукции для потребителя в зависимости от требуемых показателей качества на стадии планирования заказа.

#### References:

1. Saaty T. Decision. Analytic hierarchy process, Moscow: Radio and Communication; 1993. [\[Google Scholar\]](#)
2. Zadeh LA. The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate resheniy. M: Peace; 1976. [\[Google Scholar\]](#)
3. Kofman A, Hill A, Aluha H. Introduction of fuzzy sets theory in enterprise management. Minsk: High School; 1992. [\[Google Scholar\]](#)
4. Sirazetdinova AD. Management methodology traffic volumes on ways non-public, taking into account the operational workload stations monograph. Magnitogorsk: Publisher "Magnitogorsk House Printing"; 2012. [\[Google Scholar\]](#)