

всі характеристики, що впливають на узгодженість контрольованого об'єкта.

**Ключові слова:** конфігурація, управління конфігурацією, об'єкт, проект, процес, оптимізація.

*Рудницький Сергій Іванович, аспірант, кафедра бізнес-адміністрування та управління проектами, Університет економіки та права «КРОК», Київ, Україна, e-mail: sergey.rudnitskiy@gmail.com.*

*Рудницький Сергій Іванович, аспірант, кафедра бізнес-адміністрування та управління проектами, Університет економіки та права «КРОК», Київ, Україна.*

*Rudnitskiy Sergiy, University of Economics and Law «KROK», Kyiv, Ukraine, e-mail: sergey.rudnitskiy@gmail.com*

УДК 658.562:004.9

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.41541

Зубрецькая Н. А.

## СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ КАК МНОГОМЕРНОГО ОБЪЕКТА ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

*Разработаны структурно-аналитические модели качества продукции как многофакторного, многокритериального и многопараметрического объекта оценивания, измерения и управления, позволяющие установить взаимосвязи между структурными элементами процессов формирования качества изделий. Обоснованы преимущества нейросетевого моделирования для количественной оценки и информационного обеспечения качества.*

**Ключевые слова:** качество продукции, многомерность, структурное моделирование, процесс оценивания качества, информационное обеспечение.

### 1. Введение

Процесс управления качеством промышленной продукции на этапах жизненного цикла осуществляется в условиях стохастической неопределенности многомерной измерительной информации о показателях качества продукции (ПКП) — количественных данных разной размерности, получаемых в результате измерений и характеризующихся неполнотой, неточностью, неоднородностью и неопределенностью. Накопленные массивы технико-экономической информации являются информационным резервом промышленного производства и могут служить основой для повышения эффективности управленческих, конструкторских и технологических решений, а также генерации новых знаний, использование которых позволит на более высоком научно-техническом уровне управлять качеством продукции.

Одной из наиболее актуальных задач информационного обеспечения качества является управление всем объемом разнородной информации, что объясняется возрастающей сложностью и объемом данных, используемых для поддержки принятия решений. Для эффективного использования информации необходима разработка и внедрение прогрессивных технологий анализа данных и информационных моделей, позволяющих установить структуру материальных и информационных потоков между функциональными блоками систем управления качеством с учетом всех ограничений, накладываемых ресурсами предприятий и нормативной документацией (НД).

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В условиях повышения динамичности процессов и требований к продукции, расширения ее ассортимента и функциональных свойств, возрастания объема управленческой информации и интеллектуализации технологий существующие методы квалиметрии не удовлетворяют в полной мере требованиям современного промышленного производства, не позволяют получить оперативные многокритериальные оценки для эффективных управленческих решений.

Как показано в работах [1–4], в настоящее время существует объективная необходимость интеграции систем управления качеством и современных информационных технологий анализа данных на основе использования структурных моделей качества продукции как многомерного объекта измерения и управления. Проблемой исследования является разработка многофакторных моделей, предназначенных для установления взаимосвязей между структурными элементами качества изделий и процессов его формирования на различных стадиях жизненного цикла.

### 3. Объект, цель и задачи исследования

Объектом исследования является процесс оценивания, измерения и управления качеством продукции.

Целью исследования является разработка структурно-аналитических моделей качества продукции и процессов его формирования для информационной поддержки жизненного цикла.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- установить систему взаимосвязанных факторов, формирующих качество продукции, и разработать структурно-аналитические и параметрические модели информационной поддержки управленческих решений на всех стадиях жизненного цикла;
- обосновать целесообразность построения и применения многофакторных моделей различного уровня структуризации для получения качественных и количественных оценок показателей качества.

#### 4. Методы исследований качества продукции

Качество продукции следует рассматривать как многомерный объект оценивания, управления и измерения, что обуславливает использование методов квалитологии, основанной на системе взаимосвязанных принципов теории управления качеством, квалитрии и метрологии. Такой подход предполагает построение и использование информационных многофакторных моделей, комплексного применения методов системного исследования качества, структурно-аналитического и параметрического моделирования.

#### 5. Результаты исследований качества промышленной продукции как многомерного объекта исследования

Представим качество промышленной продукции как многомерный объект исследования в виде суммарной характеристики  $K_{пр\Sigma}$  единичных показателей  $ПК_{прi}$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

$$K_{пр\Sigma} = \sum_{i=1}^n ПК_{прi}, \quad i = 1, \dots, n. \tag{1}$$

Значение каждого единичного показателя  $ПК_{прi}$  формируется и изменяется на  $m$  стадиях жизненного цикла продукции (в процессе ее разработки, изготовления и эксплуатации) под влиянием внешних воздействующих факторов (ВВФ) — требований рынка, ограниченных техническими, технологическими и экономическими ресурсами, что определяет *многофакторность* качества продукции (рис. 1). При этом зависимость (1) можно представить в виде:

$$K_{пр\Sigma} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n ПК_{прij}, \quad j = 1, \dots, m. \tag{2}$$

Соответствие совокупности показателей  $\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n ПК_{прij}$  требованиям НД является определяющим условием заданного уровня качества продукции. Это соответствие устанавливается при различных формах оценивания качества продукции — ее техническом контроле, испытаниях, диагностике, мониторинге, оценке соответствия (сертификации), аудите.

Кроме установленных в НД показателей  $\sum_{i=1}^n ПК_{прiy}$ , качество характеризуется неустановленными требованиями

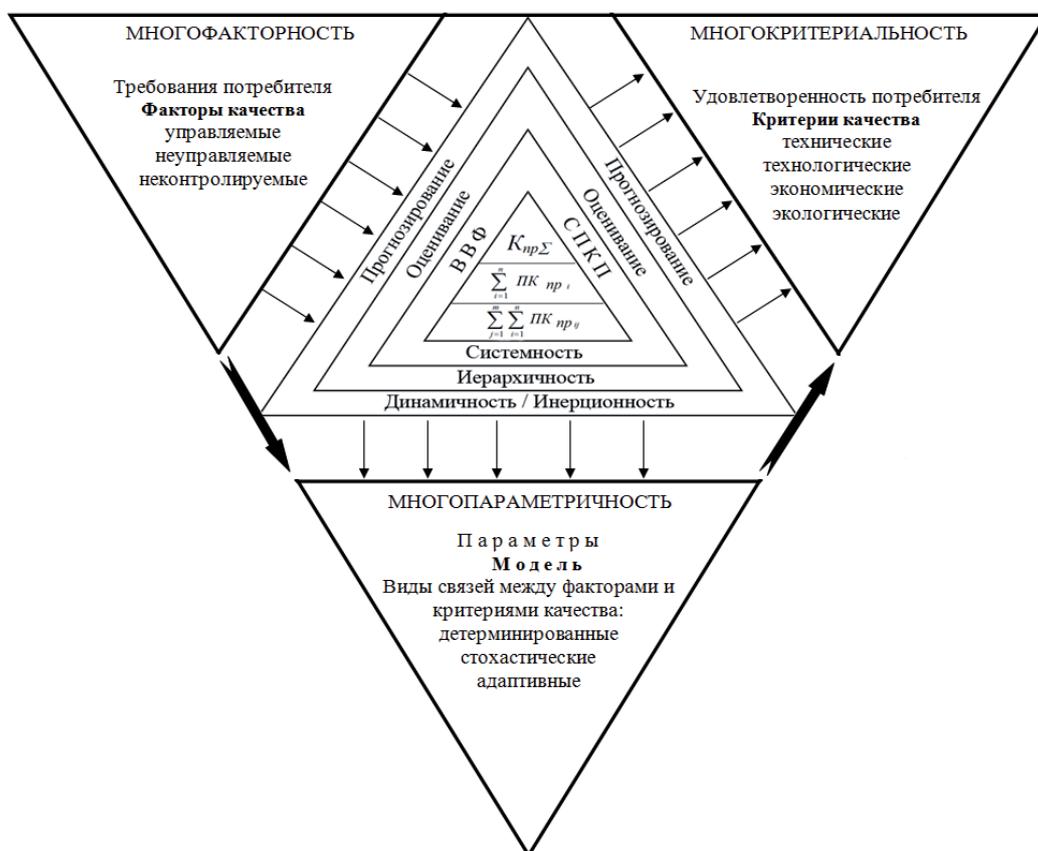


Рис. 1. Структурная модель качества продукции, как многофакторного, многокритериального и многопараметрического объекта оценивания

к его свойствам  $\sum_{i=1}^n \text{ПК}_{\text{пр}iuy}$ , которые определяют потребительную стоимость и конкурентоспособность продукции:

$$\sum_{i=1}^n \text{ПК}_{\text{пр}i} = \sum_{i=1}^n \text{ПК}_{\text{пр}iy} + \sum_{i=1}^n \text{ПК}_{\text{пр}iuy}. \quad (3)$$

Каждый показатель качества  $\text{ПК}_{\text{пр}i}$  изменяется во времени под действием ВВФ, что определяет фактические свойства продукции, направленные на удовлетворение требований потребителя и оцениваемые системой взаимосвязанных показателей качества продукции (СПКП). В свою очередь СПКП в зависимости от целей оценивания могут быть представлены совокупностью технических, технологических, экономических и экологических критериев качества  $Y_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ).

Взаимодействуя между собой, ВВФ создают системный эффект влияния на оцениваемые критерии  $Y_j$  и тем самым обуславливают *многокритериальность* качества. Оценка этого эффекта возможна при установлении взаимосвязей между ВВФ и критериями  $Y_j$  на основе построения *многопараметрических* моделей. Изменение показателей качества продукции, обладающей системными свойствами целенаправленности, эмерджентности, иерархичности и динамичности, под действием управляемых, неуправляемых и неконтролируемых ВВФ может быть формализовано на основе детерминированных, вероятностных или адаптивных моделей.

Таким образом, качество продукции может быть представлено как *многофакторный, многокритериальный и многопараметрический* объект оценивания в виде структурной модели (рис. 1). Такая структурная формализация качества продукции, наглядно демонстрирует *многомерность* качества и процессов его формирования:

- многофакторность, обусловленную совокупностью ВВФ;
- многокритериальность, обусловленную СПКП и совокупностью оцениваемых критериев качества  $Y_j$ ;
- многопараметричность информационных моделей, описывающих взаимосвязи между ВВФ и  $Y_j$ .

Процесс оценивания качества направлен на получение измерительной информации о критериях качества  $Y_j$  и ВВФ для установления взаимосвязей между ними. При этом качество промышленной продукции следует рассматривать как объект измерения, что требует корректного использования метрологического аппарата для получения и обработки *многомерной* измерительной информации (табл. 1).

Совокупность измеряемых ПКП можно представить в виде структурной модели, демонстрирующей связь между критериями качества ВВФ и  $Y_j$  (рис. 2).

Таблица 1

Системные свойства промышленной продукции, как объекта измерения

Системные свойства	Характеристики свойств
Структурная (статическая) сложность	иерархичность, многомерность
Функциональная (динамическая) сложность	дрейф характеристик под воздействием ВВФ, эволюция ПКП во времени
Многосвязность	многообразие управляющих воздействий и управляемых переменных
Взаимодействие иерархических подсистем	локальное — автономное в каждой системе глобальное — обеспечивающее достижение системных целей
Нестационарность	тренды и нелинейность изменения внутренних связей в процессе функционирования изделия
Многоканальность диагностики	измерение ПКП разной размерности (разнотипных данных, представленных в разных шкалах измерения)
Распределенность измерений	совместные измерения совокупности ПКП в разных точках диапазонов измерений
Синхронность измерений	необходимость одновременного наблюдения за всеми ПКП
Неопределенность	неполнота априорной информации о ПКП и динамике их изменения
Трудноформализуемость	сложность выбора или отсутствие математического аппарата для описания ПКП

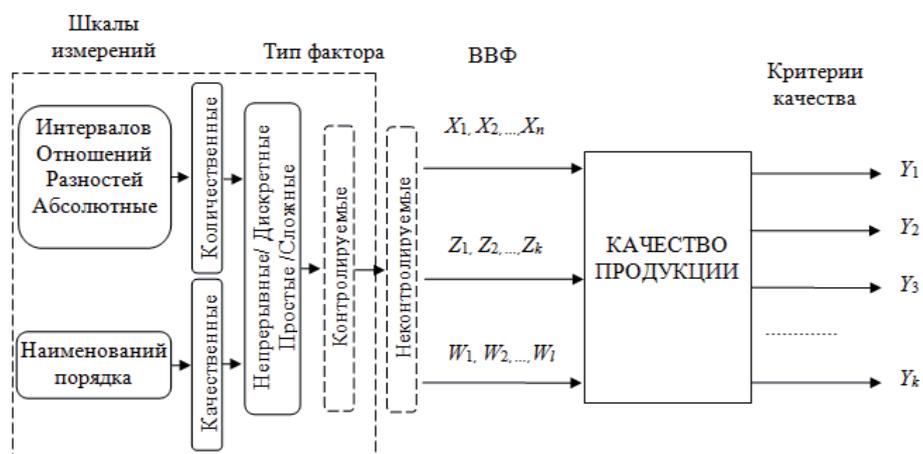


Рис. 2. Кибернетическая модель качества продукции как объекта измерения

Согласно кибернетическому подходу по своей природе ВВФ и  $Y_j$  могут измеряться в разных шкалах измерений, быть количественными или качественными, непрерывными или дискретными, простыми или сложными, контролируруемыми управляемыми  $X_1, \dots, X_n$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) и неуправляемыми  $Z_1, \dots, Z_m$  ( $r = 1, 2, \dots, m$ ), а также неконтролируемыми  $W_1, \dots, W_l$  ( $s = 1, 2, \dots, l$ ) [2].

Измерительная информация о значениях  $Y_j$  и ВВФ, полученная в процессе оценивания качества промышленной продукции, используется для принятия своевременных управленческих решений, которые направлены на устранение и предупреждение несоответствий ПКП при создании и эксплуатации изделий. Это позволяет реализовать основной принцип современной методологии управления качеством в соответствии с требованиями стандартов ISO серии 9000 — предупреждение несоответствий для непрерывного улучшения качества про-

дукции и удовлетворенности потребителя. При этом управление качеством продукции осуществляется на различных уровнях — операционном, технологическом, производственном и системном уровнях на основе принятия организационно-технических решений.

Принятие решения в общем случае заключается в генерировании множества вариантов решения (например, ассортимента, номенклатуры и значений ПКП) и выбора из этого множества оптимального варианта. Как показано в работах [1, 4], информационное обеспечение таких решений на всех уровнях управления требует использования многофакторных информационных моделей (рис. 3). Структурная схема системы управления качеством состоит из управляемой и управляющей частей, связанных между собой управляющим воздействием (управляющим сигналом)  $V$ .

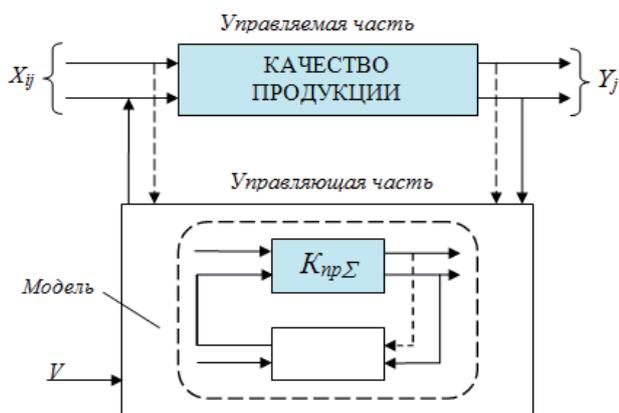


Рис. 3. Структурная схема управления качеством продукции с использованием информационной модели

Выбор вида, параметров и назначения таких моделей определяется совокупностью факторов: особенностью конструкций изделий, технологий их изготовления, типом производства, целями организационно-технических решений:

- аналитическими — исследуются свойства изделия с использованием количественных и качественных зависимостей между  $Y_j$  и ВВФ;
- прогнозными — выполняется оценка состояния изделия за пределами фиксированного временного или пространственного интервала;
- проектными (конструкторскими и технологическими) — моделируют объекты и их взаимодействия, обеспечивающие заданные значения ПКП;
- управляющими — принимаются и реализуются в реальном времени функционирования изделия с целью управляющего воздействия.

## 6. Обсуждение результатов структурного моделирования качества

Структурные модели (рис. 1–3) позволяют установить и наглядно представить взаимосвязи между структурными элементами качества и процессов его формирования. Однако, как показано на рис. 1, для получения количественных оценок ПКП и взаимосвязей между ними требуется построение детерминированных, вероятностных или адаптивных моделей.

Универсальным подходом для получения количественной оценки качества является регрессионный анализ,

согласно которому критерии  $Y_j$  описываются зависимостью:

$$Y_j = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_{ij} + \varepsilon_j, \quad i=1,2,\dots,n, \quad j=1,2,\dots,k, \quad (4)$$

где  $Y_j$  — наблюдаемые выходные переменные, представляемые как линейные комбинации  $X_{ij}$  известных значений факторов с  $n$  неизвестными коэффициентами регрессии  $b_1, b_2, \dots, b_n$ ,  $\varepsilon_j$  — ошибки измерений значений  $X_{ij}$ .

Использование уравнения регрессии (4) для задач управления качеством продукции позволяет установить функциональную или вероятностную зависимость случайной переменной (отклика, критерия качества)  $Y_j$  от изменения одной или нескольких неслучайных факторов  $X_i$ , например, технико-экономических показателей производства [2, 5].

Однако, как показано в работе [2] существенными ограничениями в использовании этих моделей также являются сложность интерпретации их структуры и параметров, неполнота идентификации входов и выходов. Кроме того, факторы  $X_{ij}$  могут быть взаимосвязаны и в разной степени влиять на качество выпускаемой продукции. Спецификой такой связи может быть некоторое их запаздывающее или скачкообразное воздействие на прогнозируемый показатель качества  $Y_j$ . Такая связь может проявляться при определенном смещении во времени факторов  $X_{ij}$  и в этом случае классические методы корреляционно-регрессионного анализа не позволяют с высокой степенью достоверности аппроксимировать многомерную зависимость временных рядов. Это ограничивает использование таких моделей при исследовании многофакторных и многокритериальных объектов с учетом временного фактора, к которым относится, например, сложные технические изделия, наукоемкая промышленная продукция [2].

Альтернативой регрессионным моделям могут быть интеллектуальные технологии анализа информации, которые показали преимущества в различных сферах науки и техники — при создании гибких методов проектирования и управления, диагностике технических объектов, распознавании видов и прогнозировании критичности дефектов, при оценке и прогнозировании рисков и безопасности объектов. В отличие от классических статистических методов, эти технологии позволяют находить скрытые знания из массивов зашумленных, неполных и противоречивых фактографических данных [6–8].

В работах [4, 9, 10] показано, что наиболее эффективными методами искусственного интеллекта для решения задач оценивания ПКП являются методы нейросетевого моделирования. Особенностью нейронных сетей является их способность аппроксимировать с заданной погрешностью любую непрерывную нелинейную функцию. Фактически нейронная сеть представляет собой обучаемую модель кибернетической системы типа «черный ящик», способную в условиях ограниченного набора обучающих данных к обобщению измерительной информации для решения задач управления, оптимизации и прогнозирования. Нейронные сети являются универсальным средством решения различных нестандартных задач и позволяют на основе самообучения установить сложные нелинейные зависимости в стохастических данных, изменяющихся во времени.

Использование уровня формализации процессов управления качеством на основе современных интеллектуальных

технологій дозволяє створити розрахунково-експериментальну базу автоматизованого рішення задач інформаційного забезпечення якості та знизити затрати на розробку, випробування, виготовлення продукції.

## 7. Висновки

Розроблені структурно-аналітичні моделі якості продукції як *многофакторного, многокритеріального і многопараметричного* об'єкта оцінювання, вимірювання та управління, використання яких дозволяє установити та наочно представити взаємозв'язки між структурними елементами процесів формування якості виробів. Моделі показують структуру матеріальних та інформаційних потоків між процесами формування якості та можуть бути використані для рішення різних задач прийняття проектних та управлінських рішень при розробці, виготовленні та експлуатації виробів на стадіях життєвого циклу.

Обґрунтовані переваги застосування методів нейронного моделювання для кількісної оцінки та формалізації процесу оцінки якості продукції.

## Література

1. Зубрецька, Н. А. Концептуальна модель системи інформаційного забезпечення якості промислової продукції [Текст] / Н. А. Зубрецька // Вісник КНУТД. — 2012. — № 3. — С. 68–74.
2. Федін, С. С. Оцінка та прогнозування якості промислової продукції з використанням адаптивних систем штучного інтелекту [Текст] / С. С. Федін, Н. А. Зубрецька. — К.: Інтерсервіс, 2012. — 206 с.
3. Богуслаєв, А. В. Прогресивні технології моделювання, оптимізації та інтелектуальної автоматизації етапів життєвого циклу авіаційних двигачів [Текст]: монографія / А. В. Богуслаєв та др.; під ред. Д. В. Павленко, С. А. Субботина. — Запоріжжя: Мотор Січ, 2009. — 468 с.
4. Борисов, В. В. Нечеткі моделі та мережі [Текст] / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. — М.: Горюча лінія — Телеком, 2007. — 284 с.
5. Dolgov, M. A. On the problem of modeling adhesive strength of protective coating depending on the content and conditions of formation of composition [Text] / M. A. Dolgov, N. M. Buketov, N. A. Zubret'ska // Strength of Materials. — 2012. — Vol. 44, № 2. — P. 212–217. doi:10.1007/s11223-012-9374-5
6. Bouzeghoub, M. Quality in Data Warehousing [Text] / M. Bouzeghoub, Z. Kedad // Advances in Database Systems. — Springer Science + Business Media, 2002. — P. 163–198. doi:10.1007/978-1-4615-0831-1\_8
7. Pedersen, T. B. Multidimensional database technology [Text] / T. B. Pedersen, C. S. Jensen // Computer. — 2001. — Vol. 34, № 12. — P. 40–46. doi:10.1109/2.970558
8. Pedersen, T. B. A foundation for capturing and querying complex multidimensional data [Text] / T. B. Pedersen, C. S. Jensen, C. E. Dyreson // Information Systems. — 2001. — Vol. 26, № 5. — P. 383–423. doi:10.1016/s0306-4379(01)00023-0
9. Gilev, S. E. On Completeness Of The Class Of Functions Computable By Neural Networks [Text] / S. E. Gilev, A. N. Gorban // Proc. of the World Congress on Neural Networks (WCNN'96), CA, Lawrens Erlbaum Associates, 1996. — P. 984–991.
10. Hornik, K. Multilayer feedforward networks are universal approximators [Text] / K. Hornik, M. Stinchcombe, H. White // Neural Networks. — 1989. — Vol. 2, № 5. — P. 359–366. doi:10.1016/0893-6080(89)90020-8

## СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЯК БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТУ ВИМІРЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

Розроблено структурно-аналітичні моделі якості продукції як багатофакторного, багатокритеріального та багатопараметричного об'єкта оцінювання, вимірювання та управління, які дозволяють встановити взаємозв'язок між структурними елементами процесів формування якості виробів. Обґрунтовано переваги нейронного моделювання для кількісної оцінки та інформаційного забезпечення якості продукції.

**Ключові слова:** якість продукції, багатовимірність, структурне моделювання, процес оцінювання якості, інформаційне забезпечення.

*Зубрецька Наталія Анатоліївна, доктор технічних наук, професор, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, e-mail: zubr\_27@mail.ru.*

*Зубрецька Наталія Анатоліївна, доктор технічних наук, професор, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації, Київський національний університет технологій та дизайну, Україна.*

*Zubretskaya Natalia, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine, e-mail: zubr\_27@mail.ru*

УДК 656.13+612.821

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.41512

**Гюлев Н. У.,  
Доля В. К.,  
Літомін Є. В.**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРУ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВОДІЯ

Обґрунтовано необхідність оцінки впливу транспортної пробки на стан водія. Розглянуто чинники, які впливають на функціональний стан водія в транспортному заторі. Складена регресійна модель оцінки психофізіологічного стану водія в транспортній пробці. Оцінені статистичні характеристики отриманого регресійного рівняння. Проведено порівняння впливу умов транспортної пробки на групи водіїв за типом нервової системи.

**Ключові слова:** регресійне рівняння, психофізіологічний стан, транспортна пробка, транспортна система, показник активності регуляторних систем.

## 1. Вступ

Ефективність і надійність функціонування транспортної системи міста залежить від вживаної тех-

нології організації дорожнього руху та сталої роботи системи «водій — автомобіль — дорожня середовище». При цьому найбільш важливою ланкою цієї системи є водій, психофізіологія та поведінка якого