

використовуючи єдину технологію. Технологія характеризується нормою витрат живої праці  $\nu$  на одиницю продукції та випуском забруднювачів  $s$  на одиницю матеріального виробництва. Виробнича одиниця характеризується моментом часу створення  $\tau$ , використаною технологією  $\nu$ , випуском забруднювачів  $s$  та початковою потужністю  $I$ . В момент часу  $\tau$  виникають потужності  $I(\tau, \nu, s)$ , де функцію  $I(\tau, \nu, s)$  вважаємо неперервною та диференційованою по  $\nu$  та  $s$ . Потужність, норма трудоемності та норма забрудненості виробничої одиниці  $(\tau, \nu, s)$  змінюються протягом часу.

Розглядаючи зміну потужності внаслідок зношеності за законом

$$\frac{\partial m(t, \tau)}{\partial t} = -\mu m(t, \tau), \quad t > \tau, \quad m(\tau, \tau) = I(\tau, \nu, s),$$

де  $\mu \geq 0$  – коефіцієнт зношення потужності, динаміку робочих місць –

$$\frac{\partial}{\partial t}(\lambda(t, \tau)m(t, \tau)) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t}(q(t, \tau)m(t, \tau)) = 0, \quad t > \tau, \quad \lambda(\tau, \tau) = \nu, \quad q(\tau, \tau) = s,$$

а зміну обсягу забрудненості за експоненціальним законом

$$q(t, \tau) = se^{r(t-\tau)},$$

де  $r \geq 0$  дисконтна норма забрудненості внаслідок старіння технології, отримано динамічну модель, яка відображає основні фактори впливу на розвиток технологічної структури виробництва: швидкість зміни визначається початковою потужністю за вирахуванням витрат на забезпечення технологічного процесу економічним та екологічним ресурсом, а також початково необхідними витратами на створення потужності.

## ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Пронюк А. В., к.т.н.; Сердюк Н. Н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Существует ряд показателей, которые характеризуют технологические процессы с различных точек зрения. Так, интегральными экономическими показателями являются энергоёмкость, металлоёмкость, трудоёмкость процесса, время производственного цикла. Однако для условий труда до сих пор не введен аналогичный показатель. С точки зрения условий труда технологические процессы характеризуются такими показателями как уровень безопасности труда, уровень охраны труда, уровень условий труда и т.п.

Учитывая воздействие на организм многих факторов разной природы, для совершенствования физиолого-гигиенической регламентации трудовой деятельности необходима суммарная оценка нагрузки с точки зрения условий труда. Очевидно, что если при одинаковых условиях труда одно изделие требует для своего изготовления больше времени (соответственно больше

персонала), чем другое, то суммарная нагрузка с точки зрения условий труда, т.е. «вредность» от процесса изготовления такого изделия соответственно выше.

Однако заметим, что интегральные показатели для конкретных реализаций одного и того же технологического процесса являются случайными величинами. Поэтому технологический процесс в целом будет характеризоваться математическими ожиданиями (средними значениями) этих величин. В качестве такого интегрального показателя предлагается математическое ожидание (среднее значение) суммарной дозы «вредности» за все время осуществления технологического процесса. Такая доза «вредности» должна суммироваться по всему персоналу, занятому в технологическом процессе.

Для некоторых технологических процессов уровень воздействия вредных факторов остается практически неизменным во время всего процесса. Для других процессов данный уровень меняется случайным образом, вне зависимости от состояния самого процесса или выполняемой технологической операции. При этом необходимо по технологической документации либо оценить уровни вредных факторов, либо определить характеристики случайных процессов, описывающих изменения во времени параметров вредных факторов среды.

Существует широкий класс технологических процессов, в которых уровень вредных факторов существенно зависит от стадии процесса или выполняемой операции. В течение же одной стадии такой процесс может рассматриваться как описанные выше.

Для оценки вредности реально существующего технологического процесса достаточно экспериментально определить значения параметров вредных факторов для оператора, участвующего в технологическом процессе в нескольких реализациях, вычислить дозы вредного воздействия и найти их среднее значение. Сложнее обстоит дело для технологического процесса, изучаемого по документации (планирование нормативных параметров условий труда). Так как последовательность операций для ряда технологических процессов строго определена, в то же время длительность выполнения операций и уровни действия вредных факторов могут рассматриваться как случайные величины, то в этом случае для каждой операции следует определить среднюю дозу вредного воздействия.

Суммарная доза  $\bar{D}$  для всего технологического процесса определяется по формуле

$$\bar{D} = \sum_i \bar{D}_i,$$

где  $\bar{D}_i$  – средняя доза вредного воздействия для  $i$ -той операции.

Обобщая вышесказанное, предлагается следующий алгоритм оценки суммарной дозы вредного воздействия технологических процессов:

1. На основании документации на технологический процесс строится блок-схема алгоритма работы оператора.

2. Строится функциональная структура технологического процесса.

3. В соответствии с документацией определяются дозы вредного воздействия для отдельных операций. Используя полученные в алгоритме значения суммарной дозы, получаем оценку суммарной дозы всего технологического процесса.

## ДЕТЕРМІНОВАНІ ТА СТОХАСТИЧНІ МОДЕЛІ МІГРАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ

Овчиннікова О. Р., к.е.н., доцент; Куликов О. О.

Хмельницький національний університет

Глибокі суспільні й економічні зміни, що відбуваються в Україні впливають і на формування міграційної поведінки населення. Сьогодні міграція висуває нові вимоги до діяльності державних органів влади, її характеристики багато в чому визначають напрямок соціально-економічного розвитку країни або регіону. Без сумніву, дослідження міграційних переміщень населення, а саме оцінка якісної та кількісної структури міграційного потоку, сьогодні не може обійтися без застосування математичних моделей і методів.

Багато з міграційних моделей добре розроблені, але існують деякі недоліки. Наприклад недостовірні вихідні дані, які використовуються при моделюванні процесів міграції, ставлять під сумнів інформацію, отриману за допомогою цих моделей. Проте закономірності статистичних співвідношень щонайкраще можна осмислити і сприйняти саме на основі математичних і математико-статистичних рівнянь або нерівностей, що зв'язують одні фактори з іншими, тому область застосування математичних методів і моделей у дослідженні міграції досить велика.

Розглянуто детерміновану модель з дискретним часом міжгрупового руху населення, наприклад населення, що знаходиться в працездатному віці [2]. Дана модель дозволяє дослідити статистичні дані міграції населення, міжгалузевого і інших видів руху населення, коли вважається, що з великих груп йдуть і великі потоки людей, що потім перерозподіляються між групами. Ці зміни в чисельності населення обмежені в часі.

Розглянуто модель руху активного населення з безперервним часом [2]. Незважаючи на дуже грубі обмеження, такі моделі руху населення досить інтенсивно вивчалися і приводили до прийнятних результатів.

Однак, оскільки в описі міграційної системи існує елемент невизначеності або через те, що система не цілком визначена, або через непередбачений характер поведінки людини (наприклад, неможливо передбачити з точністю, коли людина зважиться виїхати за рубіж, перемістити місце проживання чи повернутися назад), то моделі міграції є стохастичними.