

## ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ РОЗКЛАДУ РОБОТИ ОПЕРАТОРІВ КОНТАКТНОГО ЦЕНТРУ

*К.О. Черніченко, А.М. Капканець, Т.В. Панченко*

Застосовано неklasичний метод для прогнозування навантаження контактної центру та методи (Erlang C, імітаційний метод) для обрахунку необхідної кількості операторів. В роботі поставлено і розв'язано задачу: спрогнозувати кількість вхідних звернень до контакт-центру на визначений місяць та обчислити потрібну кількість операторів, якої буде достатньо для обслуговування усіх прогнозованих вхідних звернень із заданим рівнем обслуговування. Зроблено висновки щодо якості та точності прогнозу побудованої моделі.

Ключові слова: контактний центр, планування навантаження, людино-години, прогнозування, Erlang C, імітаційне моделювання.

Применен неклассический метод для прогнозирования нагрузки контактного центра и методы (Erlang C, имитационный метод), для расчета необходимого количества операторов. В работе поставлена и решена задача: спрогнозировать количество входящих обращений в контакт-центр на определенный месяц и рассчитать количество операторов, которого будет достаточно для обслуживания всех прогнозируемых входящих обращений с заданным уровнем обслуживания. Сделаны выводы относительно качества и точности прогноза данной модели.

Ключевые слова: контактний центр, планирование нагрузки, человеко-часы, прогнозирование, Erlang C, имитационное моделирование.

A non-classical method for contact center load forecasting as well as methods (Erlang C, imitation modelling) to count the necessary amount of operators have been applied. The task to predict the volume of contact center incoming calls for a certain month and also to calculate the necessary number of operators have been set and solved. Conclusions about the model's forecast quality and precision have been presented.

Key words: contact center, load planning, man-hours, forecast, Erlang C, imitation modelling.

### Постановка задачі та аналіз

Сформулюємо задачу. Ефективним методом спілкування компаній зі своїми клієнтами є контактні центри. Але раціональне використання людських ресурсів для забезпечення їх роботи є також важливою проблемою для оптимізації затрат. Так, якщо точно спрогнозувати навантаження на контактний центр у майбутні періоди, то затрати на його підтримку можна значно зменшити за рахунок раціонального використання робочого часу операторів контактної центру компанії.

Існують різні методи моделювання роботи контактної центру [1–5], отже, задача прогнозування та планування навантаження на контактний центр має різні методи вирішення, стандартні та такі, що суттєво враховують специфіку. Використовуючи стандартні методи неможливо гарантувати достовірний аналіз, оскільки область їх застосування є дуже широкою і вони не враховують специфіку поставленої задачі. Тому практики рекомендують використовувати саме вузькоспеціалізовані методи прогнозу [5]

У даній роботі викладено метод прогнозування навантаження контактної центру [6], результат роботи якого дає можливість обрахувати потрібну кількість операторів (імітаційним методом та за допомогою Erlang C), якої буде достатньо для обслуговування прогнозованих вхідних дзвінків із заданим рівнем обслуговування (Service Level).

### Задачі контактної центру. Поняття «Service Level» (SL) і «Response Time» (RT)

Контактний центр (КЦ) [6] – це скоординована система людей, процесів, технологій та стратегій, яка ефективно об'єднує в одне ціле ресурси компанії і численні канали комунікації для того, щоб забезпечити таку взаємодію з клієнтами, яке буде приносити користь як клієнтам, так і компанії.

У наведеній таблиці [6] показується, який стандарт використовується залежно від застосованого каналу доступу і типу контакту:

Таблиця. Використання понять SL та RT

Тип контакту	ServiceLevel (SL)	ResponseTime (RT)
Вхідні дзвінки	X	
Вихідні дзвінки		X
E-mail		X
Текстовий чат	X	
Web «подзвоніть мені зараз»	X	

Закінчення таблиці

Тип контакту	ServiceLevel (SL)	ResponseTime (RT)
Web «подзвоніть мені пізніше»		X
Дзвінок з сайту	X	
Факс		X
Звичайна пошта		X

Основна відмінність між SL і RT – це методи розрахунку потреб у персоналі. Потреба для відповідності цілям SL визначається в ситуації, коли контакти прибувають випадковим чином і на них відразу необхідно дати відповідь. Розрахунок вимагає використання Erlang C або комп'ютерного моделювання [1]. Потреба для виконання завдань по RT може бути розрахована більш стандартними способами.

### Ключові показники ефективності роботи контактного центру

Key Performance Indicators (KPI) [6] є основними показниками роботи контактного центру. Слід розуміти, що KPI повинні розглядатися тільки у взаємозв'язку один з одним – тільки тоді можна отримати повну та об'єктивну оцінку роботи контактного центру.

Характеристика добре працюючого КЦ – комплексне поняття. KPI для КЦ можна розділити на 6 груп [6], які з усіх боків описують діяльність КЦ:

■ Група показників якості обробки контактів (це індикатори, які пов'язані з тим, наскільки результат кожного контакту задовольняє клієнтів, КЦ і Замовника) [6]:

- якість обробки виклику (*CO – Contact Quality*) – визначає рівень якості кожного контакту;
- індикатор результативних контактів (*FCR – First Call Resolution*):

$$FCR(\%) = SC/RC * 100 \%,$$

де *SC* – кількість дзвінків від клієнтів, мета яких була досягнута без необхідності додаткових контактів з компанією;

*RC* – загальна кількість прийнятих дзвінків;

- помилки та виправлення. (*ERR*):

$$ERR(\%) = ERC/RC * 100 \%,$$

де *ERC* – кількість дзвінків, інформація про які невірно занесена в систему;

*RC* – загальна кількість прийнятих дзвінків.

■ Група індикаторів рівня доступу (пропускної спроможності) (дані індикатори характеризують рівень сервісу КЦ при обслуговуванні контактів (можливість встановити контакт в принципі, швидкість відповіді на запити))[6]:

- рівень сервісу (*Service Level*). Час відповіді (*Response Time*):

Рівень сервісу:

$$SL = X \% / Y_{sec}, \text{ якщо } RC_{y_{sec}} / TC * 100 \% = X \%,$$

де *RC<sub>y<sub>sec</sub></sub>* – кількість викликів, на яке було дано відповідь протягом *Y* секунд;

*TC* – загальна кількість дзвінків, що надійшли.

- Середня швидкість відповіді. (*ASA*):

$$ASA_t = WT_t / RC_t,$$

де *t* – період часу, протягом якого проводиться вимірювання;

*WT* – загальний час очікування абонентів, виклики яких були прийняті;

*RC* – загальна кількість прийнятих викликів.

- Пропущені і заблоковані виклики. (*AC – Abandoned calls*. *BC – Blocked calls*):

*AC* – виклики пропущені (абоненти не дочекалися відповіді і поклали трубку);

*BC* – виклики, у відповідь на які абонент отримав сигнал «зайнято».

Можливий також розрахунок частки пропущених викликів ( $AR$  – Abandonment Rate):

$$AR = AC_t / RC_t,$$

де  $t$  – час, за який проводиться вимірювання;  
 $AC$  – пропущені за період  $t$  дзвінки;  
 $RC$  – прийняті за період  $t$  дзвінки.

■ Група індикаторів продуктивності (дані індикатори показують наскільки ефективно з точки зору продуктивності і ККД організовані внутрішні процеси в КЦ) [6]:

– Відповідність між прогнозованим і реальним навантаженням – відсоток відмінності між прогнозованим і реальним навантаженням КЦ. Показує ККД роботи співробітників, що займаються прогнозуванням навантаження КЦ.

– Індикатор пунктуальності. ( $AS$  - Adherence Schedule).

– Середній час обробки виклику. ( $AHT$  – Average Handling Time):

$$O_t = AHT_t * RC_t / T_{sec} * A_t,$$

де  $t$  – вимірюваний проміжок часу;  
 $AHT_t$  – середній час обробки контакту за період  $T$  (у секундах);  
 $RC_t$  – кількість прийнятих викликів за період  $T$ ;  
 $T_{sec}$  – тривалість проміжку часу  $T$  у секундах;  
 $A_t$  – кількість операторів у зміні за період  $T$ .

■ Індикатори, пов'язані з економічним ефектом КЦ [6]:

– Собівартість дзвінка(контакту). ( $CPC$  – Cost per Call (contact)):

$$CPC = TC_t / AC_t,$$

де  $t$  – період часу, за який проводиться вимір;  
 $TC$  – витрати на контактний центр за час  $t$ ;  
 $AC$  – загальна кількість оброблених контактів за період  $t$ .

– Дохід контактного центру ( $R$ - Revenue) – дохід, безпосередньо пов'язаний з діяльністю КЦ

– Середній дохід від контакту. ( $ACV$  – Average Call Value):

$$ACV_t = R_t / AC_t,$$

де  $t$  – період часу вимірювання;  
 $R$  – виручка за період  $t$ .

– Показник виконання бюджету – показує різницю між плановим бюджетом і фактичними витратами.

■ Стратегічні індикатори (ці індикатори оцінюють стратегічний ефект діяльності КЦ) [6]:

– Індикатор настрою клієнтів. ( $CS$  – Customer satisfaction) – вимірює відсоток клієнтів у цілому задоволених сервісом.

– Індикатор настрою співробітників. ( $PS$  – Personnel satisfaction) – вимірює, наскільки співробітники задоволені своєю роботою.

– Індекс ротації ( $T$  - Turnover).

– CallCenter ROI. (Rate of Investment) – комплексний індикатор, який оцінює вплив КЦ на діяльність компанії.

■ Додаткові індикатори для вихідних дзвінки.

## Прогнозування навантаження контактного центру

Прогнозування навантаження контактного центру – це відкрита тема для досліджень. Уточнимо, що для вирішення поставленої задачі використано неklasичний метод прогнозування. Звичайно, можна скористатися алгоритмом інтелектуального аналізу даних, наприклад, часових рядів, який є універсальним. Тим не менш, точність у такого алгоритму буде заздалегідь меншою (хоча це і потребує додаткового аналізу), ніж у конкретного методу, що націлений на визначене середовище застосування, що в даному випадку – контактний центр.

Отже, потрібно спрогнозувати майбутній об'єм вхідних дзвінків контакт-центру на наступний рік або на визначений місяць у наступному році. Прогнозування часто також відбуваються по тижням та дням. Для виконання поставленої задачі потрібно виконати такі етапи прогнозування [7]:

- збір статистики;
- визначити показник річної тенденції AnnualTrend ( $AT\%$ );
- визначити сезонний фактор – доля кожного місяця у році IntraYearFactor ( $IYF\%$ );
- очистити дані;
- визначити індекс дня тижня у перерахунку до середньодобового показника за місяць IntraMonthFactor ( $IMF\%$ );
- визначити пропорцію інтервалу всередині доби – IntraDayFactor ( $IDF\%$ ).

### Розв'язання задачі

Після визначення показника річної тенденції AnnualTrend ( $AT\%$ ) стає можливим визначити річний об'єм вхідних дзвінків на наступний рік. Для цього необхідно застосувати формулу [7]:

$$CV(year) = CV(prev.year) * (1 + AT\%),$$

де  $CV(prev.year)$  – об'єм вхідних дзвінків за минулий рік.

В залежності від виду діяльності контактного центру кількість вхідних дзвінків абонентів може відрізнятися, також – в залежності від пори року чи навіть місяця. Тому необхідно визначити долю у році, яку займає кожний місяць – IntraYearFactor ( $IYF\%$ ).

Після цього можна визначити приблизне навантаження на контактний центр у визначеному місяці певного року [7]:

$$CV(month) = CV(year) * IYF\%(month)$$

На рис. 1 показано графік обсягу вхідних дзвінків абонентів протягом року, враховуючи долю місяця у році.

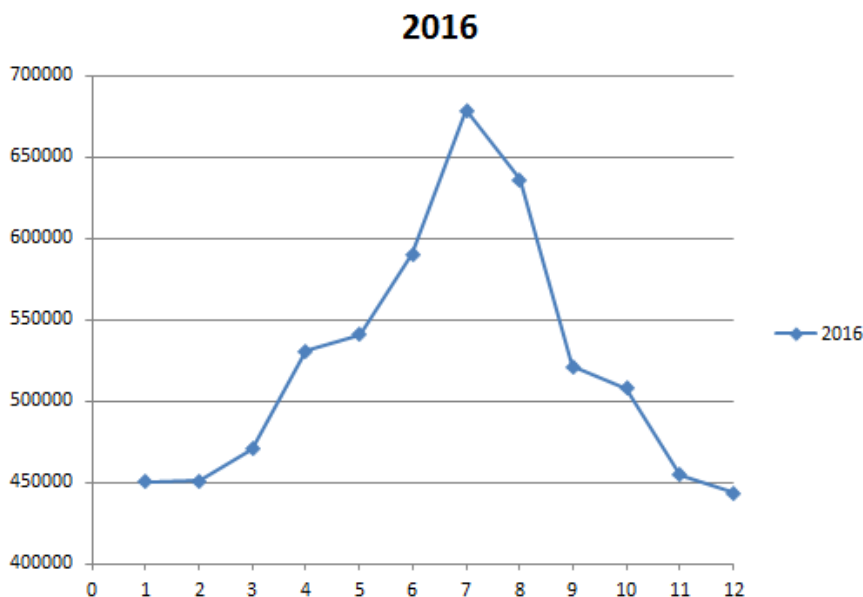


Рис. 1. Графік прогнозованого об'єму вхідних дзвінків абонентів

Далі визначаємо середньодобовий обсяг дзвінків абонентів. Для цього значення  $CV(month)$  ділимо на кількість днів у місяці. Але, як у випадку із долею місяця в році, визначений день тижня місяця може відрізнятися від іншого дня (наприклад, по вихідних днях можливий спад дзвінків абонентів у декілька разів). Тому необхідно визначити прогнозований обсяг на кожен день місяця в залежності від дня тижня на основі минулорічних даних дзвінків абонентів.

Однією із проблем є відхилення у святкові дні (Новий рік, Різдво, 8 Березня тощо), особливо якщо вони припадають на робочий день. Тому для коректного прогнозу необхідно виконати корегування (очистку) даних, використовуючи середнє значення кількості вхідних дзвінків у той же день тижня, окрім того, який потрібно скорегувати.

Після очистки даних необхідно обрахувати IntraMonthFactor ( $IMF\%$ ) [7]:

$$IMF(WeekDay) = AVG(WeekDay)/AVG(Month)$$

після чого слід застосувати коефіцієнт для кожного дня тижня до середньодобового значення вхідних дзвінків, що вищеобраховувалося.

Потрібно пам'ятати, що якщо дані – очищені, то після обрахунку та отримання прогнозованої кількості на наступний рік, необхідно скорегувати дані, які були усереднені. Коефіцієнт, на який потрібно поділити скореговане число, визначається так [7]:

$$K = avg/fact.$$

Тобто усереднене отримане значення ділиться на фактичне.

На рис. 2 показано потижневий графік обсяг вхідних дзвінків для наочності (звичайний тиждень і тиждень із «випаданням» у святковий день).

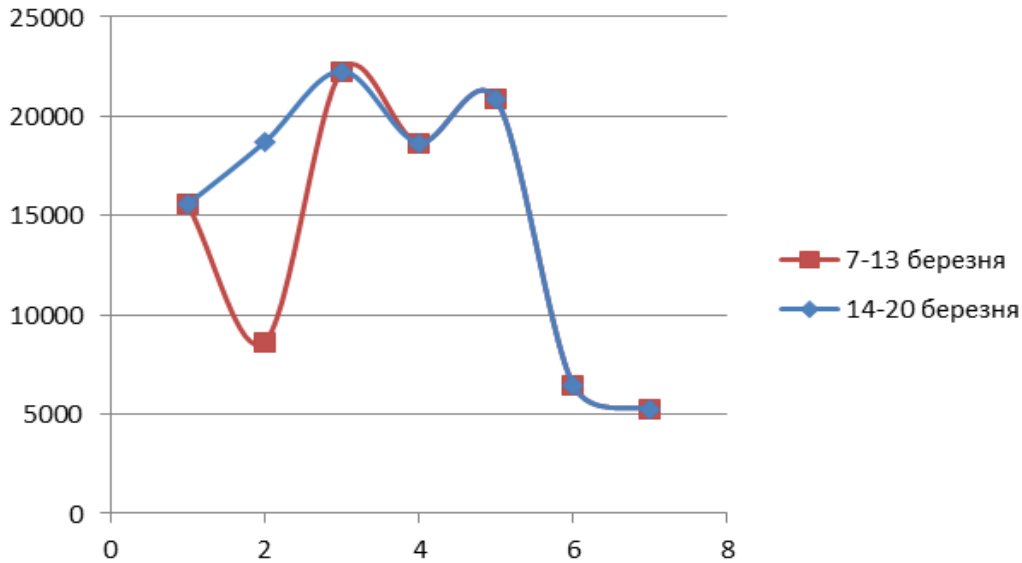


Рис. 2. Потижневий графік прогнозованої кількості дзвінків

Обрахуємо прогнозовану кількість дзвінків на будь-який день тижня погодинно. Наприклад, з 8:00 до 22:00. На рис. 3 маємо графік вхідних дзвінків у вищезазначений проміжок часу по всім однаковим дням тижня одного місяця:

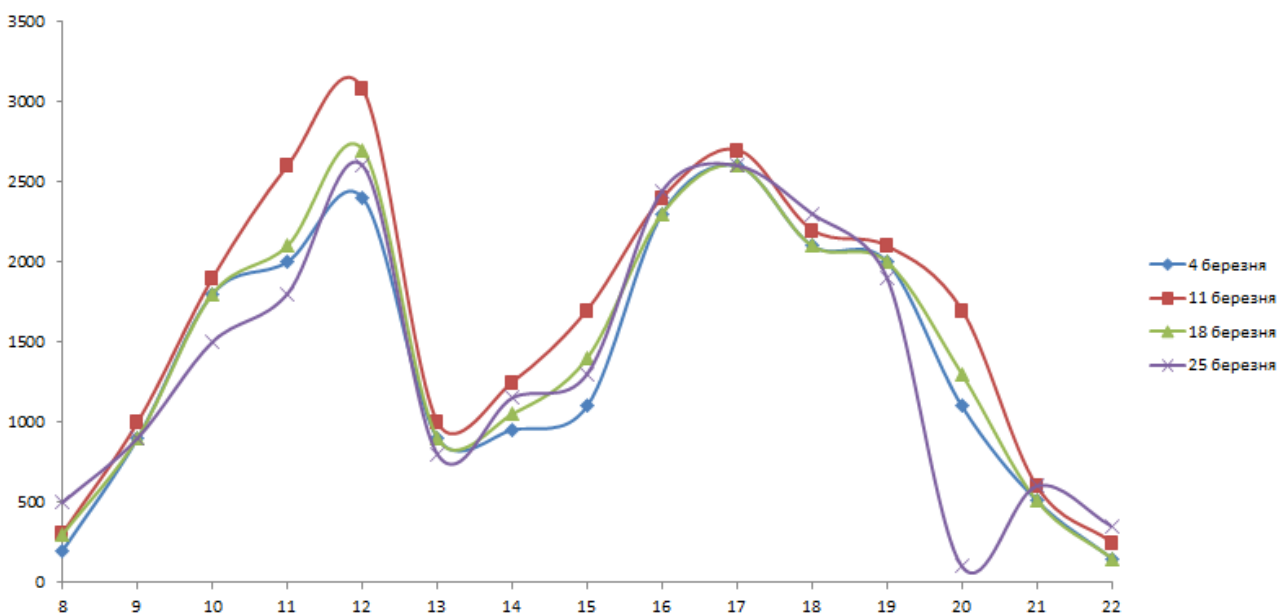


Рис. 3. Погодинний графік кількості вхідних дзвінків

Щоб визначити показник IntraDayFactor (*IDF*) необхідно поділити середню кількість дзвінків у визначену годину по всім однаковим дням тижня місяця на середню кількість дзвінків за весь день по тих же днях. Скористаємося наступною формулою для отримання конкретної кількості вхідних дзвінків по годинах [7]:

$$CV(WeekDayOfMonth) = CV(year) * (IDF(hour)/100).$$

На рис. 4 показано графік вхідної кількості дзвінків за добу з 8:00 до 22:00.

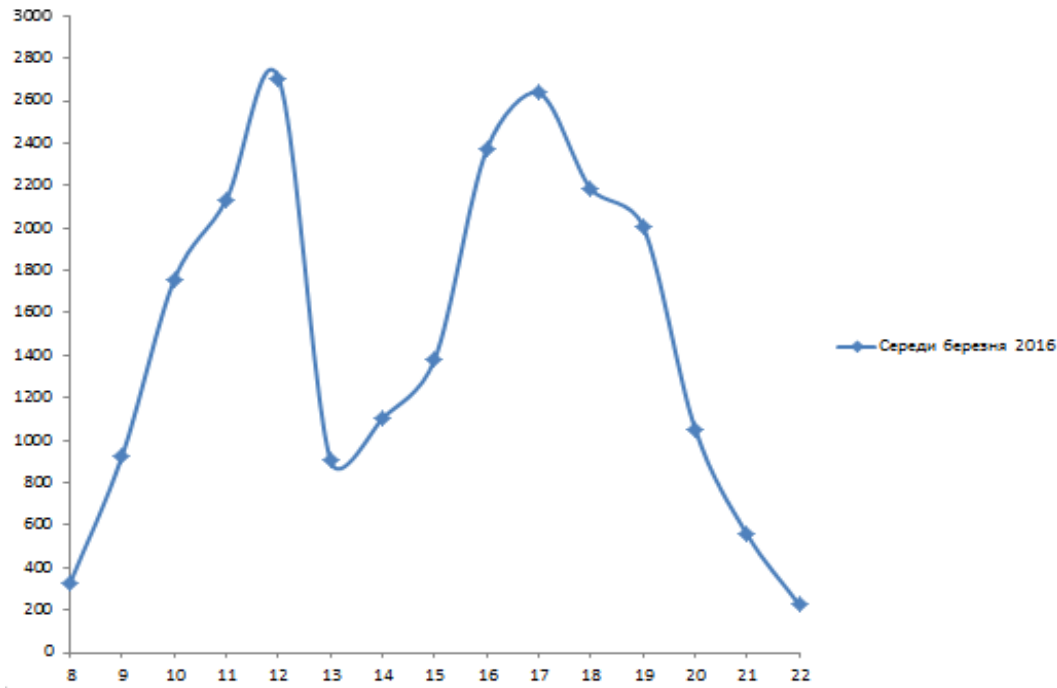


Рис. 4. Графік вхідних дзвінків погодинно протягом доби

### Розрахунок кількості робочих місць операторів контактного центру.

Існують різні методи для розрахунку параметрів систем розподілу викликів. Далі ми проведемо розрахунок рівня обслуговування звернень, що надходять до контактному центру, використовуючи формули Ерланга.

Чим більше операторів буде на лінії, тим менше час очікування відповіді. Зменшення кількості операторів веде до збільшення часу очікування і того, що частина абонентів не стане чекати (показник Abandoned Calls).

Важливо знати, що рівень обслуговування змінюється дуже помітно, якщо змінюється кількість операторів: брак одного оператора може знизити рівень обслуговування в середньому на 20 %. Водночас один додатковий оператор може справити суттєвий позитивний вплив на показники.

Для вирішення цієї проблеми використовують два способи:

- експертну оцінку;
- математичну модель, яка враховує специфіку вхідних дзвінків.

Розрахунок необхідної кількості одночасно працюючих операторів в залежності від навантаження можна здійснити за формулою Erlang C.

$$E_c(m,A) = \frac{\frac{A^m}{m!}}{\frac{A^m}{m!} + (1 - \frac{A}{m}) \sum_{k=0}^{m-1} \frac{A^k}{k!}},$$

де  $m$  – кількість операторів,  $A$  – навантаження на контактний центр в Ерлангах.

У нашому випадку навантаження обчислюється за формулою

$$A = T_s \lambda,$$

де  $T_s$  – середній час обробки дзвінка,  $\lambda$  – число дзвінків в одиницю часу (як правило, 15, 30 або 60 хвилин, а середній час обробки дзвінка має бути в тих же одиницях). Також часто навантаження ділять на коефіцієнт корисної дії оператора (від 70 до 90 відсотків, порахований статистично, або прийнятий за основу), аби отримати реалістичніші результати.

Розрахунковий рівень сервісу (ймовірність відповіді на дзвінок протягом заданого часу) обчислюється за формулою:

$$SL = 1 - E_c(m, A) e^{-(m-u)} \frac{t}{T_s},$$

де  $t$  – межа рівня сервісу.

Для проведення розрахунків за формулою Erlang C необхідно врахувати такі складові параметри обробки викликів:

- час однієї розмови;
- час, необхідний оператору на обробку виклику після його завершення.

У нашому випадку час, необхідний оператору на обробку виклику (Average Handle Time, *AHT*) не усереднений, а зростає на початку і в кінці дня, з 8:00 – 2 хв., 9:00 – 1,5 хв., 10:00–17:00 – 1 хв., 18:00 –19:00 – 1,5 хв., 20:00–22:00 – 2 хв.

- кількість викликів на годину найбільшого навантаження;
- час затримки при відповіді на кожен виклик (час очікування в черзі).

Задавши параметри, отримуємо залежність ймовірності з'єднання виклику з оператором контактного центру (без очікування в черзі) від кількості операторів (рис. 5).

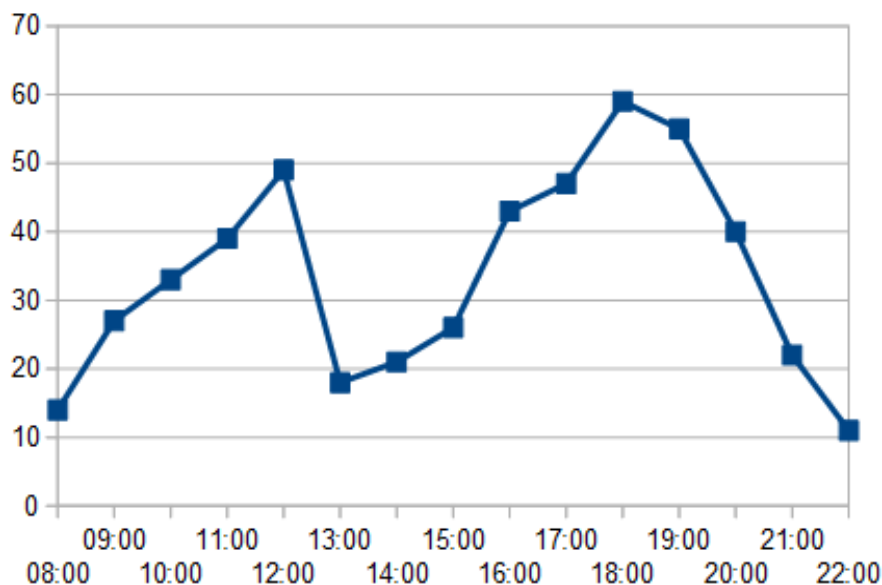


Рис. 5. Кількість операторів (метод Erlang C)

## Планування розкладів

Оскільки, як правило, час роботи контактного центру більше 14-ти годин на добу і робота не припиняється у вихідні дні, на практиці застосовується змінний режим роботи для операторів таких КЦ.

При складанні графіка (припускаємо, що всі оператори працюють на повну ставку) враховуємо [8]:

1. Кількість офіційних робочих і вихідних в місяці.
2. Особисті побажання операторів у вихідні дні та щодо змін.
3. Навантаження на КЦ по днях тижня і по годинах протягом дня.

4. Індивідуальні побажання операторів по роботі в святкові дні – враховуючи, що оплата їх праці повинна здійснюватись відповідно до законодавства.
5. Побажання, що оператор виходить на роботу не більше, ніж 5 днів поспіль.
6. Принцип, що час відпочинку оператора між змінами має бути не менше 1 зміни.
7. Жодна зміна не повинна залишатися без супервізора або менеджера.

При ручному плануванні змін застосовується так званий бригадний метод. Суть цього методу досить проста, наприклад, керівництво КЦ приймає рішення про створення трьох бригад операторів для роботи в дві зміни. Поки перша бригада працює вранці, друга ввечері, у третьої бригади вихідний. На наступний день друга бригада працює вранці, а третя ввечері. Перша відповідно відпочиває. Далі процес планування продовжується за аналогією. Але цей метод дає не ідеальний результат щодо кількості операторів на зміні – у порівнянні з реальною потребою.

### Імітаційна модель контактного центру

Розглянемо імітаційну модель контактного центру в системі AnyLogic. Сучасні програмні засоби дозволяють будувати складні імітаційні моделі, зберігаючи контроль над розробкою, при цьому процес моделювання стає зручнішим. Таким гнучким і потужним засобом вирішення широкого кола проблем для систем і процесів самої різної природи у виробництві й бізнесі є система імітаційного моделювання AnyLogic [10]. Створення моделі, її виконання, оптимізація параметрів, аналіз отриманих результатів, верифікація моделі – все це достатньо зручно виконувати в даній системі (рис. 6).

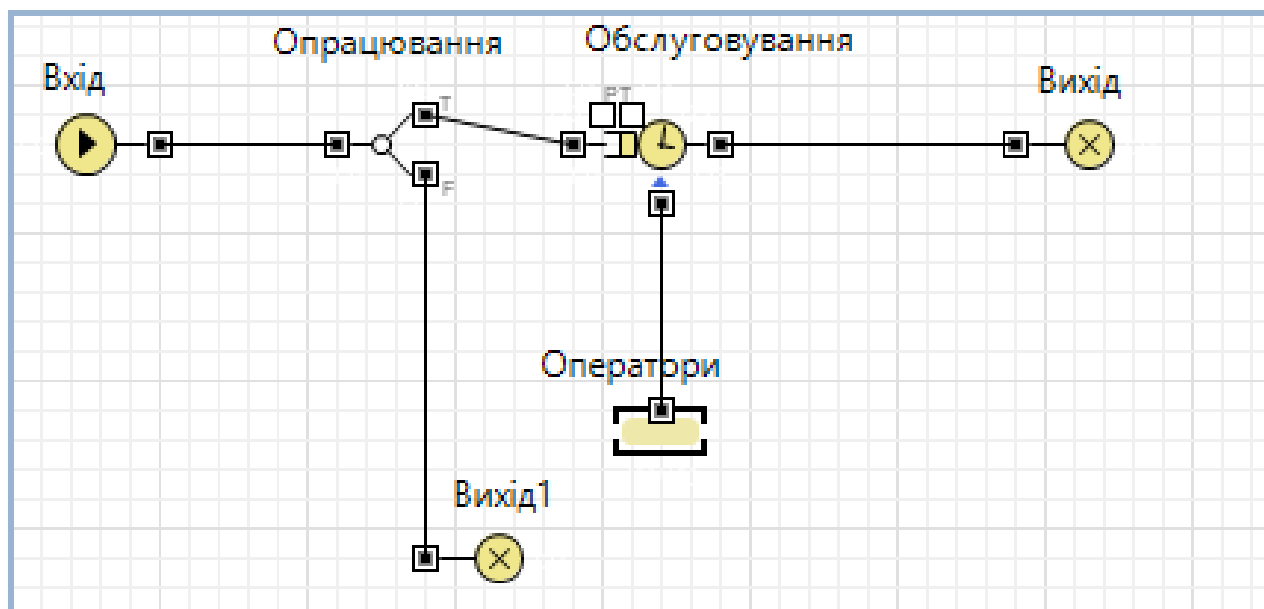


Рис. 6. Система обслуговування викликів

Абонент набирає один з номерів контактний центр. Якщо всі вхідні лінії зайняті, абонент отримує відмову в обслуговуванні (блокування виклику) і відбудеться одне з двох дій: він, або зробить повторний виклик, або не подзвонить зовсім, виклик буде вважатися відкинутим або втраченим викликом (Abandoned Call). Якщо хоча б одна лінія вільна, то з'єднання буде встановлено, і виклик буде обслуговано.

Як було зазначено вище, на ефективність роботи КЦ впливає багато факторів. Всі ці фактори можна враховувати при розробці імітаційної моделі, виділяючи їх у відповідні об'єкти, які будуть взаємодіяти при функціонуванні моделі [9]. Основні класи об'єктів контактний центр –

$$\{T, O, S\},$$

де S – клас моменту часу, де розглядається система; O – клас оператори, які є обробниками вхідних викликів; P – клас вхідні дзвінки, що визначає інтервал надходження і час обробки.

Для більш детальної розробки моделі контактний центр можна додати класи: інформаційні ресурси, обладнання, інформаційні потреби у взаємодії з іншими організаціями. Основна імітаційна модель, яку було побудовано, дозволяє планувати штатну чисельність працівників (на позмінній основі).



Результат роботи імітаційної моделі подамо на діаграмі, щоб наочно побачити різницю між методами: (рис. 7).

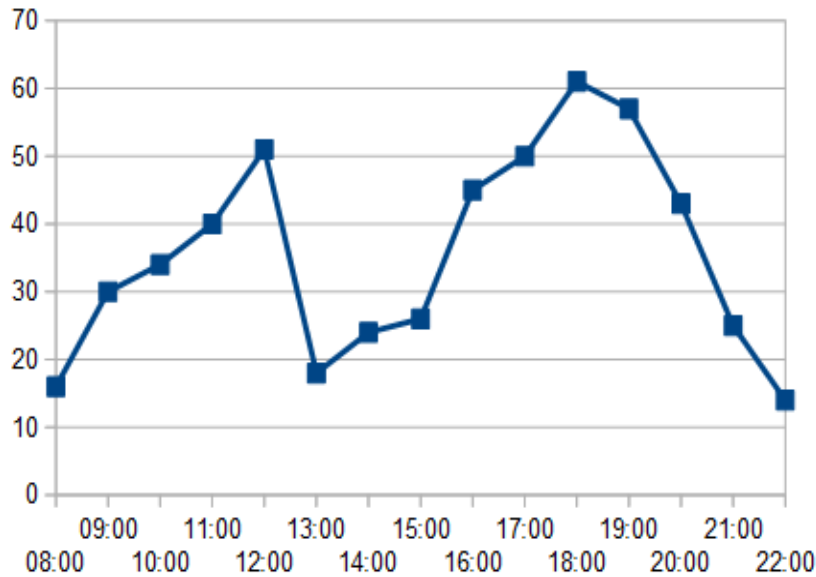


Рис. 7. Кількість операторів (імітаційний метод)

Результати двох методів є практично схожими, але після довготривалого порівняння (на великому проміжку часу) експериментально з'ясувалось, що імітаційне моделювання дає точніший результат, хоч і вимагає дещо більше часу на побудову моделі та очікування самих результатів імітації – на відміну від Erlang C.

## Висновки

У роботі висвітлено покрокове розв'язання задачі прогнозування вхідного навантаження КЦ одним неklasичним методом. Наведено методику використання усереднення для врахування днів, які мали аномальні показники у вхідних даних (свята тощо), з подальшим коригуванням. Далі подано підходи для визначення кількості операторів, необхідних для обслуговування цього навантаження (переважно – на позмінній основі), за допомогою двох методів, Erlang C та імітаційним моделюванням.

Подано критерії, фактори та визначення, що специфікують та моделюють роботу контактного центру і дозволяють оцінити його ефективність. Розв'язок задачі проілюстровано наочними графіками.

За допомогою системи AnyLogic була створена імітаційна модель обслуговування КЦ. Використання подібних систем дозволяє не лише наглядно дослідити роботу КЦ, але і знайти вузькі місця, проаналізувати підбір необхідного обладнання, вирахувати штатну чисельність операторів, інтенсивність надходження і обслуговування вхідних викликів. Розроблена модель є операційним прототипом КЦ, вона не вирішує питання фінансування і різні організаційні моменти. При детальному опрацюванні даної моделі можна досліджувати програмно-апаратні характеристики, пропускі спроможності каналів і ліній зв'язку, життєвий цикл інформаційних ресурсів контактного центру та інші класи об'єктів, які можуть впливати на його роботу. Імітаційний метод є наочним і більш наближеним до реальних умов.

В процесі моделювання та підготовки матеріалу частково використовувалось ПЗ IBM SPSS для опрацювання статистики та моделювання, а також Microsoft SQL Server – методи Data Mining.

Отримані результати було застосовано на практиці для оптимізації ряду комерційних КЦ. Було отримано позитивні результати від впровадження системи Infosoft WFM, яка реалізує описані принципи. Так, за допомогою цієї методики та програмного продукту Infosoft WFM вдалося скоротити витрати КЦ на операційну діяльність за рахунок більш точного підбору планування розкладу роботи операторів (для задоволення встановленого SL) принаймні у п'яти українських та міжнародних КЦ.

1. Панченко І.В. Альтернатива до формули Erlang C // Корпоративні системи. – Київ: КомІздат. – 2003. – № 2. – С. 57–59.
2. Панченко І.В. Моделювання системи масового обслуговування з однією чергою очікування / І.В. Панченко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Шевченківська весна. Сучасний стан науки, досягнення, проблеми та перспективи розвитку". – Київ: Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – 2003. – С. 37–40.
3. Панченко І.В. Моделювання процесу масового обслуговування із застосуванням обчислювальної техніки // Матеріали Міжнародної конференції: Моделювання динамічних систем та дослідження стійкості. – 2003. – С. 411.
4. Панченко І.В. Комп'ютерне моделювання задачі масового обслуговування / І.В. Панченко // Матеріали Міжнародної конференції: Інформаційні дослідження, додатки та навчання. – Варна: ФОІ-КОМЕРС. – 2003. – С. 55–61.
5. Панченко І.В., Панченко Т.В. Оптимізація роботи Call-центра за допомогою автоматизованої комп'ютерної системи Scheduling ISS v.1 // Тези міжнародної конференції "Теоретичні та прикладні аспекти розробки програмних систем". – 2004. – С. 272–274.

6. *Алекс Берг Контакт-Центр Консалтинг: Моделирование работы контактного центра.* – 2008. – 83 с.
7. *Алекс Берг Контакт-Центр Консалтинг: Операционное моделирование КЦ (презентации).* – 2008. – 135 с.
8. *Гусева Е.Н., Саперов Д.И.* Автоматизация бизнес-процессов call-центра магнитогорского узла связи ОАО «УРАЛСВЯЗЬИНФОРМ» // *Материалы III Общероссийской студ. электрон. науч. конф., СПб.* – 2011. – 6 с.
9. *Зарубин А.А.* Call- и контакт-центры: эволюция технологий и математических моделей // *Вестник связи.* – 2003. – № 8. – С. 85–88.
10. *Карпов Ю.Г.* Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.

## References

1. PANCHENKO, I. (2003) The Alternative To Erlang C Formula [in Ukrainian]. *Corporate systems.* 2. P. 57–59.
2. PANCHENKO, I. (2003) Modeling Queuing System with One Waiting Queue [in Ukrainian]. In *Proceedings of the International Conference "Shevchenko Spring. The Current State Of Science".* Kyiv. P. 37–40.
3. PANCHENKO, I. (2003) Queuing Process Modelling Using Computing [in Ukrainian]. In *Proceedings of the International Conference "Simulation of dynamical systems and stability investigation".* Kyiv. p. 411.
4. PANCHENKO, I. (2003) Computer Modeling Of Queuing [in Ukrainian]. In *Proceedings of the International Conference "Information Research, Applications and Training".* Varna, FOI-COMMERCE. P. 55–61.
5. PANCHENKO, I., PANCHENKO, T. (2004) Optimization of Call-Center Using Automated Computer System Scheduling ISS v.1 [in Ukrainian]. In *Proceedings of the International Conference "Theoretical and Applied Aspects of Program Systems Development".* Kyiv. P. 272–274.
6. *Апекс Берг (2008) Contact-Center Consulting: Simulation of the contact center* [in Russian]. 83 p.
7. *Апекс Берг (2008) Contact-Center Consulting: Operating modeling of the contact center (presentation)* [in Russian]. 135 p.
8. GUSEVA, E., SAPEROV, D. (2011) Business process automation call-center magnitogorsk communication center ОАО "URALSVYAZINFORM" [in Russian]. In *Proceedings of III Russian student electronic scientific conference.* St. Petersburg. 6 p.
9. ZARUBIN, A. (2003) Call and contact centers: the evolution of technological and mathematical models [in Russian]. *Vestnik svyazi.* No. 8. p. 85–88.
10. KARPOV, YU. (2005) Simulation modeling systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5 [in Russian]. St. Petersburg. 400 p.

## Про авторів:

*Черніченко Катерина Олегівна,*  
студентка 2 курсу магістратури кафедри Теорії та технології програмування.  
<http://orcid.org/0000-0003-4832-3346>,

*Капканець Анастасія Михайлівна,*  
студентка 4 курсу кафедри Теорії та технології програмування.  
<http://orcid.org/0000-0002-0881-6384>,

*Панченко Тарас Володимирович,*  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
доцент кафедри Теорії та технології програмування.  
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – 27.  
Кількість наукових публікацій в іноземних виданнях – 2.  
<http://orcid.org/0000-0003-0412-1945>.

## Місце роботи авторів:

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, факультет кібернетики.  
03680, Київ, проспект Академіка Глушкова, 4Д.  
Тел.: 259 0519.  
E-mail: [kateryna.chernichenko@gmail.com](mailto:kateryna.chernichenko@gmail.com),  
[tp@infosoft.ua](mailto:tp@infosoft.ua)