

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та
аспірантської підготовки

Кафедра інформаційних технологій

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Імітаційне моделювання роботи ДП «Одеський морський
торговельний порт»

Виконав студент 2 року групи МК- 61
спеціальності 122 – комп'ютерні
науки
Муравльов Владислав Русланович

Керівник к. т. н., доцент
Великодний Станіслав Сергійович

Консультант _____

Рецензент к. ф.-м. н., доцент
Буяджи Василь Володимирович

Одеса 2018

АНОТАЦІЯ

Імітаційне моделювання роботи ДП «Одеський морський торговельний порт». Муравльов В. Р.

Актуальність теми. Для досягнення впевненості у надійності систем автоматизованого керування морським рухом, необхідно уводити імітаційні моделі, що чітко визначають умови експлуатації та показники максимального навантаження причалів.

Метою роботи – є виконати моделювання руху морського транспорту.

Основними задачами на роботу є ведення на підприємстві функціонально простого управлінського обліку, що опирається на реальні дані й використовується винятково усередині організації, надаючи інформацію керівникові та власникам підприємства.

Об'єктом роботи є ситуаційне моделювання руху морського транспорту.

Предмет роботи – оптимізація роботи ДП «Одеський морський торговельний порт».

Методи дослідження – мова імітаційного моделювання GPSS, процедурні методи.

Результатом даної дипломної роботи – проектне рішення щодо прогнозування завантажених ділянок з метою їх усунення.

Наукова новизна роботи – виявлення недоліків реальної моделі ДП «Одеський морський торговельний порт»; прискорення процесу отримання статистичних даних з пропускну здатності порту; змога сполучити наглядне представлення результатів роботи морського порту.

Практичне значення – магістерська кваліфікаційна робота носить практичну значимість для галузі морських транспортних перевезень.

При створенні прогнозів на експлуатацію устаткування, було враховано існуючі норми й економічну доцільність їхнього створення.

У ході виконання даної роботи досліджено необхідну методику введення керуючого обліку, на основі якого було спроектовано та реалізовано програмне забезпечення, що реалізує поставленні задачі.

Пояснювальна записка складається з: 85 сторінок, 20 ілюстрацій, 3 таблиць, переліку посилань з 24 найменування, 1 додатку.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ, КЛАС, КОМПОНЕНТ, БЛОК, ОБ'ЄКТ, ПРИСТРІЙ, ТИП ДАНИХ, БІБЛІОТЕКА ПРОЦЕДУР, ЕКСПЕРИМЕНТ

SUMMARY

Simulation Modelling for Operation of the State Enterprise of “Odessa Sea Commercial Port”. Muravliov V. R.

Actuality of theme. To achieve confidence in the reliability of automated navigation systems, it is necessary to introduce simulation models that clearly define the operating conditions and the maximum berth load.

The purpose of the work is to perform the simulation of the movement of sea transport.

The main tasks of the work are to maintain a functional, simple management accounting, based on real data and used exclusively within the organization, providing information to the manager and owners of the enterprise.

The object of the work is situational modeling of the movement of sea transport.

The subject of work is optimization of the State Enterprise of “Odessa Sea Commercial Port”.

Research methods are the language of simulation of GPSS, procedural methods.

The result of this thesis is the design decision for forecasting the loaded areas in order to eliminate them.

The scientific novelty of the work is to identify the disadvantages of the real model of the State Enterprise of “Odessa Sea Commercial Port”; accelerating the process of obtaining statistical data on port capacity; the opportunity to combine the visual presentation of the results of the work of the seaport.

Practical significance – master's qualification work is of practical significance for the field of maritime transport.

When creating forecasts for the operation of the equipment, existing norms and economic feasibility of their creation were taken into account.

In the course of this work, the necessary methodology for introducing control accounting has been investigated, on the basis of which the software that implements the task was designed and implemented.

The explanatory note consists of: 85 pages, 20 illustrations, 3 tables, list of links from 24 names, 1 application.

KEYWORDS: IMITATION MODEL, TOOL, CLASS, COMPONENT, BLOCK, OBJECTS, DEVICE, DATA TYPE, LIBRARY PROCEDURES, EXPERIMENT

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1 Аналіз проблеми.....	12
1.2 Аналіз прикладної області	13
1.3 Постановка задачі.....	16
1.4 Характеристика інструментальних засобів моделювання.....	16
1.5 Аналіз основних блоків GPSS.....	23
2 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	25
2.1 Концептуальна модель системи	25
2.2 Об'єктні моделі системи	29
2.3 Структура і функціонал програмного продукту	29
2.3 Модель станів	33
2.4 Діаграми класів та компонентів.....	33
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИТУАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ	40
3.1 Принципи програмного кодування математичної моделі, що використовується	40
3.2 Загальні відомості про імітаційну модель	45
3.3 Загальна інформація про результати роботи моделі	48
3.4 Інформація про блоки	49
3.5 Інформація про об'єкти типу «пристрій».....	49
3.6 Інформація про групи транзактів	50
3.7 Поліморфні типи даних	51
3.8 Аналіз мови PLUS	51
3.8.1 Розгляд операторів	52
3.8.2 Убудована бібліотека процедур.....	52
3.8.3 Проведення експериментів і дисперсійний аналіз	53
3.8.4 Сумісність із GPSS / W	53
4 АНАЛІЗ РОЗРАХОВАНИХ ДАНИХ	55
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	79
ДОДАТОК А Приклад оформлення основних фрагментів тексту програми GPSS	81

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БКП – багатоканальний пристрій;
ДК – діаграма класів;
ДКМ – діаграма компонентів;
ДО – діаграма об'єктів;
ДП – державне підприємство;
ДС – діаграма станів;
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
ІТС – інтелектуальна транспортні системи;
ОМВ – Одеський морський вокзал;
ОС – операційна система;
ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина;
СМО – система масового обслуговування;
СМП – список майбутніх подій;
СНД – співдружність незалежних держав;
СПП – список поточних подій;
СЧА – стандартні числові атрибути;
ТЗ – технічне завдання;

FEC – Future Events Chain;
FIFO – First In First Out;
GPS – Global Positioning System;
GPSS – General Purpose Simulation System;
PLUS – Programming Language Under Simulation
UML – Unified Modeling Language

ВСТУП

В основі теорії транспортного моделювання лежать перевірені й успішно застосовувані на практиці математичні підходи. Прикладом таких моделей може бути гравітаційна модель розрахунку кореспонденцій. Транспортна модель складається із двох основних моделей – моделі транспортної пропозиції й моделі транспортного попиту. Модель транспортної пропозиції – це транспортна мережа, що складається з вузлів (перехресть, розв'язок) і з'єднуючих їхніх ребер (вулиць, доріг), що надає можливість переміщення для учасників транспортного руху й описує витрати на дані переміщення. Моделі попиту на транспорт можна охарактеризувати як математичні «інструменти», які описують якісно й кількісно переміщення у зв'язку із причинами виникнення транспортного потоку.

У світовій практиці для аналізу різних сценаріїв розвитку підвідомчих територій використовуються інформаційно-аналітичні системи транспортного планування, такі як, наприклад, широко відомий у СНД програмний комплекс PTV Vision® VISUM. У Росії транспортне моделювання тільки розвивається, але в окремих містах і регіонах ведеться постійна робота з удосконалювання транспортних моделей. На теперішній момент моделі були впроваджені у державні структури у Пермі, Твері, Санкт-Петербурзі, Казані й низці інших міст.

З кожним роком у світі через збільшення кількості транспортних засобів зростає потреба в оптимізації дорожнього руху. Багато проблем можна вирішити за рахунок удосконалювання транспортних мереж і дорожньої інфраструктури, але такі зміни обмежені багатьма факторами, особливо у великих містах, в умовах щільної історичної забудови, де немає можливості розширення вуличної шляхової мережі. Іншим рішенням може бути керування й перерозподіл транспортних потоків з використанням сучасних технологій, об'єднаних загальним терміном «інтелектуальні транспортні системи» (ІТС), де ухвалення рішення ґрунтується на отриманій у реальному часі інформації з метою впливу на транспортне поведіння учасників руху.

Ці системи відслідковують, аналізують і передають транспортне дані для організації, інформування й керування транспортними потоками за допомогою сучасних інформаційних технологій.

ІТС допомагають у вирішенні наступних завдань:

- оптимізація розподілу транспортних потоків у мережі у часі й просторі;

- збільшення пропускної здатності існуючої транспортної мережі;
- надання пріоритетів для проїзду певному типу транспорту;
- керування транспортом у випадку виникнення аварій, катастроф або проведенні заходів, що роблять вплив на рух транспорту;
- підвищення безпеки на дорогах, що приводить до збільшення пропускної здатності;
- зниження негативного екологічного впливу транспорту;
- надання інформації про стан на дорогах всім зацікавленим особам.

Основними складовими й учасниками ІТС є:

- транспортна інфраструктура;
- транспортні засоби;
- устаткування елементів транспортної інфраструктури й транспортних засобів;
- інтелектуальні інформаційні табло, дорожні знаки й світлофори з можливістю вилученого керування ними;
- центри збору й обробки інформації;
- центри ухвалення рішення й керування дорожнім рухом.

Для аналізу й прогнозування стану будь-якого руху необхідна наступна інформація:

- інформація про транспортну мережу доріг (геопідстава, транспортна модель, статистичні дані);
- поточні параметри, що характеризують транспортні потоки (інтенсивність руху, швидкість, склад руху тощо);

Базова архітектура ІТС на основі технологій PTV Vision:

- перевірка вірогідності даних вимірів;
- інформація про аварії, катастрофи, заходи, ремонти і блокування доріг й ін.;
- екологічна інформація;
- інформація, що впливає на завантаженість і безпеку дорожнього руху;
- історичні дані з детекторів;
- дані GPS (ГЛОНАСС) – трекінгу автотransпортних засобів.

Виходячи з необхідності одержання великого обсягу інформації для аналізу й прогнозування руху, можна сказати, що основою інтелектуальних транспортних систем й умовою їхні роботи є транспортні моделі. Існує два типи моделей:

– стратегічна – є основою довгострокового планування. Використається для розробки генпланів, комплексної транспортної схеми міста, КСОДД. Використається чиновниками, проектувальниками, перевізниками, інвесторами й ін.

– оперативна – поєднує всі транспортні дані поточної транспортної ситуації: камери, детектори, знаки змінної інформації, світлофори, навігаційні пристрої, мобільні телефони. Використається департаментом транспорту, центрами організації дорожнього руху, поліцією, водіями й мешканцями.

Елементи цієї моделі можуть бути доступні через Інтернет або мобільні пристрої.

PTV TrafficPlatform – потужний, сучасний інструмент для прогнозування транспортної ситуації в максимально оперативному режимі, що використовує постійно, що обновляються дані, з детекторів у режимі реального часу.

PTV TrafficPlatform заснований на модульній архітектурі й надає інтелектуальні методи для аналізу й прогнозу транспортних потоків. Він відмінно справляється з точним і динамічним моделюванням поточних й очікуваних умов дорожнього руху на основі даних реального часу.

З використанням PTV TrafficPlatform у центрах керування рухом можна одержати доступ до всім статичним і динамічним даним і звітам у режимі онлайн. Інформація може бути відредагована, доповнена й візуально проаналізована на картах.

PTV TrafficPlatform допомагає раціонально управляти й сполучати різні набори транспортних даних:

- раціональне керування транспортом з використанням високоякісної інформації для водіїв, перевізників, планувальників;
- робота з більшими обсягами даних вимірів й їхній аналіз у реальному часі;
- максимально точна й оперативна інформація про поточну транспортну ситуацію і її прогноз на найближчі хвилини, години, добу;
- потужна й зручна у використанні сучасна платформа транспортного планування.

Принципове значення для керування має час. Постійно тримати руку на пульсі свого бізнесу без істотних втрат коштовного ресурсу. Це розкриває необхідність у простому інструменті для оперативного уведення, зберігання й аналізу інформації для прийняття управлінських рішень.

У результаті проведеного дипломного проектування, у ході якого були опитані керівники ряду підприємств, з'ясувалося, що найбільш затребуваною функцією програм для виконавчого обліку – є реєстрація, класифікація, калькуляція, аналіз витрат і доходів та ухвалення рішення по коректуванню курсу облікової політики підприємства на основі звітних даних.

Програма орієнтована на керівників підприємств, які не завжди є фахівцями у фінансово-економічній сфері й інформаційних технологіях. Основне завдання керівника – управляти бізнесом, а не розбиратися в методології ведення обліку. Тому при розробці програми особлива увага приділялася створенню зручних і зрозумілих форм для введення й подання інформації.

У програмі «Простий облік» представлені наступні можливості:

- облік човнів;
- облік причалів;
- облік часу обслуговування;
- статистичні данні морського вокзалу у зручній та наглядній формі;

Метою даної дипломної роботи – є виконати моделювання руху морського транспорту.

Об'єктом роботи є ситуаційна модель руху морського транспорту.

Предмет роботи – оптимізація роботи ДП «Одеський морський торговельний порт».

Результатом даної дипломної роботи – стане проектне рішення щодо прогнозуванням найнавантажениших ділянок з метою їх усунення.

Основним завданням на роботу є ведення на підприємстві функціонально простого управлінського обліку, що опирається на реальні дані й використовується винятково усередині організації, надаючи інформацію керівникові та власникам підприємства.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз проблеми

Для аналізу реальних процесів у роботі Одеського морського вокзалу, виявлення недоліків, можливості їхнього усунення, удосконалення, можливості збільшення й оцінки функціонування, для прогнозування подальшої роботи необхідне проектування імітаційної моделі, для чого була розроблена концептуальна модель у середовищі UML. Були змодельовані діаграми, що відбивають структуру Одеського морського вокзалу, і основні аспекти його діяльності.

Для початку розглянемо характеристики пасажирського термінала:

Пасажирський термінал Одеського порту по дизайні й технічній оснащеності не уступає аналогічним терміналам Європи й найбільших портів миру. Має вигідне місце розташування в центрі міста Одеси. Зручне повідомлення з аеропортом, залізничним вокзалом та автовокзалом.

Пасажирський комплекс здатний приймати одночасно на причалах загальною довжиною 1370 метрів п'ять теплоходів.

Глибина порту поблизу причалів варіюється від 9,5 до 11,5 м. Фарватер і портові спорудження дозволяють приймати теплоходи довжиною до 300 метрів.

Пропускна здатність пасажирського термінала порту – до 4 млн. чоловік у рік, його відвідують американські, німецькі, британські, норвезькі, грецькі, італійські й інші круїзні судна. І щороку пасажиропотік в Одеському Морському вокзалі збільшується.

Одеський морський торговельний порт надає послуги по бункеруванню пасажирських судів. Тут можна придбати ж/д й авіаквитки в усі країни миру, а також замовити морські круїзи екстракласу.

У будинку Морського вокзалу розташовані офіси банків, пошти, DHL, переговірні пункти, а також офіси туристичних агентств.

На території пасажирського термінала функціонують наступні об'єкти, що надають послуги пасажирам:

Готельний комплекс «Одеса», служить базою для перед- та посткруїзного розміщення туристів. Оснащення готелю також дозволяє здійснювати реєстрацію пасажирів на круїз і проходження митних й імміграційних формальностей.

Концертно-виставочний зал – комплексні виставки; конференції й презентації; культурні програми для туристичних груп; зустрічі із представниками виробництва, бізнесу, науки й культури; показ моделей одягу.

Яхтовий комплекс складається із двох основних понтонів, довжиною 200 м кожен, і 4-х гребінцевих, у яких можуть швартуватися яхти будь-якої довжини й глибини. Глибина у від 10 до 13 м, довжина прийнятих яхт не обмежений, одночасно яхт-клуб може приймати до 80-ти яхт.

Центр підводної діяльності – підводно-технічні роботи, обслуговування судів й яхт, дайвінг-центр, навчання відповідно до програм СМАС, сервісне обслуговування й прокат спорядження для підводного плавання, підводний туризм, екскурсії на затонулі судна й унікальні природні комплекси в супроводі професійних інструкторів СМА.

Із усього вищесказаного можна зробити висновок, що імітаційна модель допоможе проаналізувати роботу розглянутої системи, спрогнозувати подальші шляхи розвитку Морського вокзалу, оптимізації його діяльності в сьогодення й майбутнє час: збільшення пропускної здатності за умови подальшого збільшення пасажиропотоку, розвиток готельного комплексу, надання нових послуг.

1.2 Аналіз прикладної області

Етап 1. Зведений до табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Досягнення угоди про визначення проблеми

Елемент	Опис
Проблема	Автоматизація оцінки функціональності, розрахунку часу обслуговування, надання статистики
Впливає на	Збільшення прийому судів, злагоженість роботи
Результатом чого є (з'являється)	Багато часу на розрахунок статистики, часу обслуговування, правильність оцінки функціональності
Виграш від	Потрібно створити математичну модель, яка буде якісно проводити розрахунок часу обслуговування максимально можливої кількості суден, скорочуючи при цьому година на розрахунок статистики, оцінку функціональності, що у свою чергу прискорить процес планування примов судів
Може полягати в наступному	Економія години та коштів на якісну оцінку функціональності, розрахунок часу, можливих шляхах поліпшення.

Етап 2. Виділення основних причин – проблем.

В основі лежить виявлення кореневих причин.

У проблемі розрахунку статистики й оцінки функціональності роботи Одеського морського вокзалу:

- 1) недостатня компетентність статистів
- 2) невірно розрахована статистика й оцінка
- 3) довготривалий процес розрахунків
- 4) економія фонду заробітної плати за рахунок скорочення зайвих робочих місць

Етап 3. Виявлення зацікавлених осіб та користувачів

При вирішенні будь-якої складної проблеми, як правило, доводиться задовольняти потреби різних груп зацікавлених осіб. Ці групи зазвичай мають різні точки зору на проблему і різні потреби, які повинні бути враховані в рішенні.

Зацікавлені особи – це все, на кого реалізація нової системи або додатку може надати матеріальну дію.

Може бути кілька груп зацікавлених осіб. Головною являється група користувачів.

Таблиця 1.2 – Користувачі та особи, що зацікавлені у створенні нової системи

Користувачі	Інші зацікавлені особи
Одеський Морський Вокзал	Адміністратор інформаційної системи і команда розробників
Відділ статистики	Судно

Етап 4. Визначення меж «Система-рішення»

Система буде взаємодіяти з оточуючою середою за наступною схемою (рис. 1.1).

Етап 5. Зведений до табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Виявлення обмежень, що накладаються на рішення

Джерело	Обмеження	Пояснення
1	2	3
Економічне	Максимально знижені затрати фінансових ресурсів	Однією з причин створення даної програми було зменшення фінансових затрат на розрахунок та оцінку функціональності

1	2	3
Технічне	Потрібно придбати одну робочу станцію з ОС	Дані пакети програмного забезпечення потрібні для проведення більш детального й точного розрахунку часу й оцінки функціональності
Системне	Об'єм програмного продукту не повинен перевищувати 5 Гб. Програма має бути сумісна з використовуваною ОС.	Програма має бути максимально компактною та створена для ОС, щоб не довелося витратити зайві кошти на нове обладнання.
Графік і ресурси	Мінімізовані трудові ресурси	Система має бути мінімізована для зменшення затрат на експлуатацію.



Рисунок 1.1 – Зв'язок імітаційної моделі із зовнішнім середовищем

1.3 Постановка задачі

Основними завданнями для проектування даної програми – є більша витрата сил і часу на розрахунок оцінки функціональності, можливих шляхів поліпшення, відображення й зберігання статистичних даних, визначення часу й максимально можливої кількості суден, що обслуговують.

Автоматизація процесу спостереження за роботою Одеського морського вокзалу, допоможе заощадити фонд заробітної плати, за рахунок зменшення кількості робочих місць, прискорити процес роботи, збільшити кількість суден, що обслуговують, визначити подальші шляхи розвитку.

1.4 Характеристика інструментальних засобів моделювання

Одним з ефективних методів дослідження складних систем, а часто і практично єдиним методом, є метод імітаційного моделювання, коли модель імітує роботу реальної системи, відтворюючи в часі процес її функціонування. При цьому адекватність моделі досягається імітацією процесу функціонування кожного окремого елемента системи з обов'язковим збереженням логіки і правил їх взаємодії і розвитку, як у часі, так і в просторі [1].

При побудові імітаційної моделі та її реалізації передбачається використання засобів обчислювальної техніки і програмування. Побудова імітаційних моделей з використанням традиційних мов програмування викликає значні труднощі. У зв'язку з цим виникла необхідність розробки спеціалізованих мов імітаційного моделювання [2].

Одним з найбільш ефективних і поширених спеціалізованих мов імітаційного моделювання складних дискретних систем є в даний час мова GPSS (General Purpose Simulation System – загальноцільова система моделювання) [3 – 6], що відноситься до класу проблемно-орієнтованих мов.

Проблемною областю GPSS є системи масового обслуговування (СМО). В якості об'єктів цієї мови використовуються аналоги таких стандартних компонентів СМО, як заявки, обслуговуючі прилади, черги тощо. Достатній набір подібних компонентів дозволяє будувати складні імітаційні моделі, зберігаючи звичну термінологію СМО.

Історію GPSS, яка починається з 1961 р., можна умовно розділити на два великих етапи [7]:

- 1) GPSS на «великих» ЕОМ (мейнфрейми);
- 2) GPSS на персональних ЕОМ (ПЕОМ).

Перші версії системи були розроблені і підтримувалися фірмою IBM для ЕОМ типу IBM/360 та ЄС ЕОМ. Остання версія GPSS W (1971 р.) стала класичною.

Поява ПЕОМ і нових ідей і підходів взаємодії людини з ЕОМ не могло не відбитися на GPSS. У 1984 році фірма Minuteman Software розробила систему GPSS / W – це перша GPSS-система, розроблена спеціально під нові діалогові можливості ПЕОМ та в якій до того ж збереглася «краса» класичної GPSS. У нашій країні перші версії GPSS / W з'явилися в кінці 80-х років. В основному це були копії програм, отримані через треті країни, і відрізнялися вони поганою якістю перекладу документації або її повною відсутністю [8].

Основний модуль пакета прикладних програм GPSS / W являє собою інтегроване середовище (рис. 1.2), що включає, крім транслятора з вхідної мови, засоби введення і редагування тексту моделі, засоби її налагодження і спостереження за процесом моделювання, графічні засоби відображення атрибутів моделі, а також засоби накопичення результатів моделювання в базі даних і їх статистичної обробки. Крім основного модуля до складу пакету входить модуль створення стандартного звіту GPSS / W, а також ряд додаткових модулів і файлів [9].

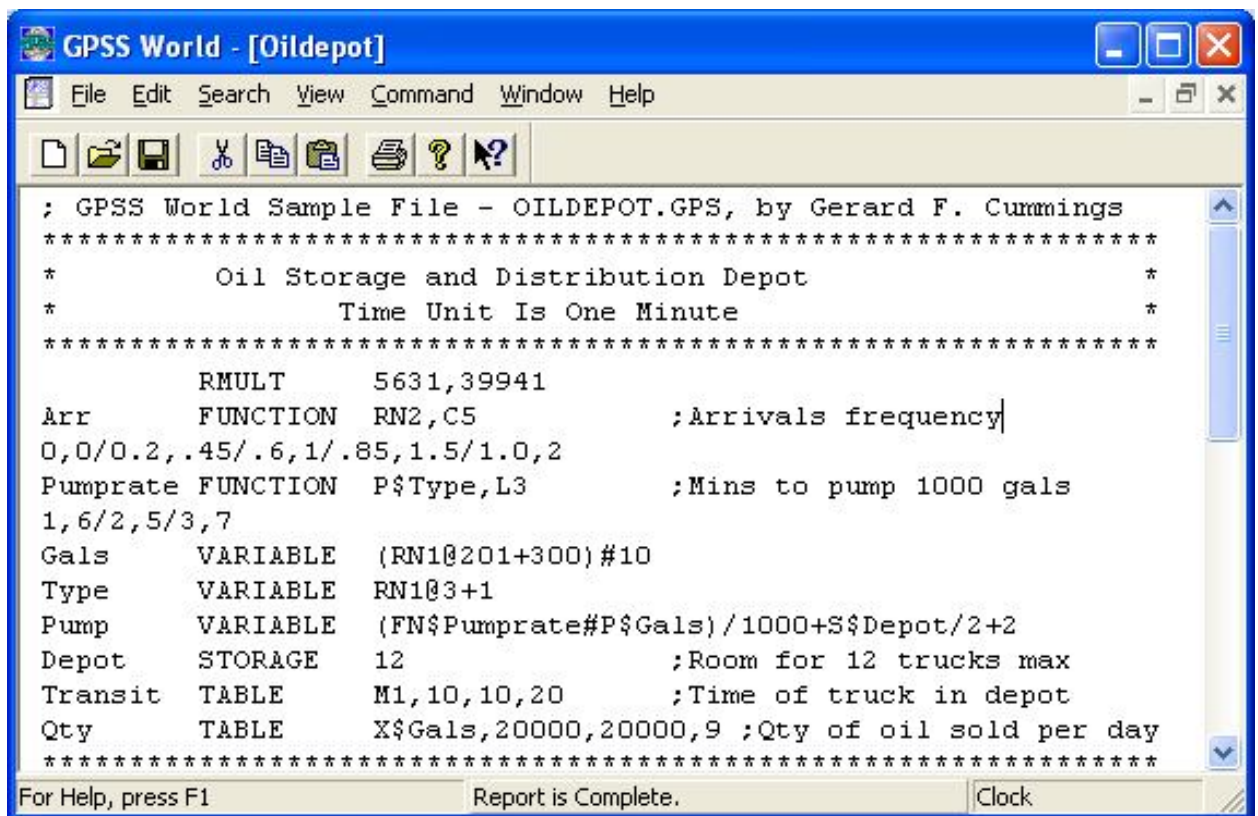


Рисунок 1.2 – Інтерфейс середовища GPSS World

Вихідна програма на мові GPSS / W, як і програма на будь-якій мові програмування, являє собою послідовність операторів. У загальному випадку оператори GPSS / W мають наступний формат:

номер ім'я операція операнди; коментарі

Всі оператори повинні починатися з номеру – цілого позитивного числа від 1 до 9999999. Після введення операторів вони розташовуються у вихідній програмі відповідно до присвоєними номерами. Зазвичай нумерація проводиться з деяким кроком, відмінним від 1, щоб мати можливість додавання операторів в потрібне місце програми. Деякі оператори зручно вводити, не включаючи їх у вихідну програму. Тоді вони вводяться без номера. Далі в цій роботі при описі формату операторів і в прикладах моделей номери операторів будемо опускаати для кращої читаності тексту.

Окремі оператори в програмі можуть мати ім'я для посилання на ці оператори з інших операторів. Якщо такі посилання відсутні, то цей елемент оператора не є обов'язковим [10].

В поле операції записується ключове слово – дієслово (назва оператора), що вказує конкретну функцію, виконувану даним оператором. Це поле оператора є обов'язковим.

У полях операндів записується інформація, яка конкретизує виконання функції, визначеної в полі операції. Ці поля в залежності від типу операції можуть містити до семи операндів, розташованих у певній послідовності і позначаються першими літерами латинського алфавіту A, B, C, D, E, F, G. Деякі оператори взагалі не мають операндів, а в деяких операнди можуть бути не задані і при цьому встановлюються їх значення за замовчуванням (стандартні значення). Якщо в операторі необов'язковий операнд не використовується, то його відсутність у відповідному полі відзначається символом «,» [11].

Необов'язкові коментарі, в разі їх присутності в програмі, відокремлюються від поля операндів символом «;». Коментарі не можуть містити літери російського алфавіту.

Оператори GPSS / W записуються, починаючи з першої позиції, у вільному форматі, тобто окремі поля розділяються довільною кількістю пробілів. При введенні вихідної програми в інтегрованому середовищі GPSS / W розміщення окремих полів операторів з певною кількістю інтервалів між ними проводиться автоматично [12 – 15].

Кожен оператор GPSS / W відноситься до одного з чотирьох типів: оператори-блоки; оператори опису об'єктів; керуючі оператори та оператори-команди [16].

Оператори-блоки формують логіку функціонування моделі. У GPSS / W є близько 50 різних видів операторів-блоків (далі часто просто оператор або блок), кожен з яких виконує свою конкретну функцію і займає цілком певне місце у вихідній програмі. Кожному такому оператору відповідає певна підпрограма транслятора, яка реалізує функції, покладені на даний оператор, а його операнди при цьому служать фактичними параметрами даної підпрограми.

Оператори опису об'єктів служать для визначення параметрів деяких об'єктів GPSS / W. Прикладами параметрів об'єктів можуть бути кількість каналів в багатоканальному пристрої, кількість рядків і стовпців матриці тощо.

Керуючі оператори служать для контролю і управління процесом моделювання (прогоном моделі).

Оператори-команди дозволяють керувати роботою інтегрованого середовища GPSS / W. Керуючі оператори та оператори-команди зазвичай не включаються в початкову програму, а вводяться безпосередньо з клавіатури комп'ютера в процесі інтерактивної взаємодії користувача з інтегрованою середовищем.

Після трансляції вихідної програми в пам'яті комп'ютера створюється так звана поточна модель, що є сукупністю різного типу об'єктів. Об'єкти GPSS / W можна розділити на сім типів: динамічні; операційні; апаратні; статистичні; обчислювальні; запам'ятовують і групуються.

Динамічні об'єкти в GPSS / W називаються транзактами. Транзакт є прообразом заявки в термінології СМО. В процесі моделювання транзакти «створюються» (заявки надходять) і «знищуються» (заявки йдуть) так, як це необхідно за логікою моделі. З кожним транзактом може бути пов'язано певне число параметрів, які несуть необхідну інформацію про це транзакте. Крім того, транзакти можуть мати різні пріоритети [17].

Операційні об'єкти GPSS / W, звані блоками, відповідають операторам-блокам вихідної програми і також формують логіку функціонування моделі, даючи транзактам вказівки: куди йти і що робити далі. Кожен блок має унікальний вигляд (у Додатку I наведено графічний вигляд кожного з розглянутих у цій роботі блоків). Модель системи на GPSS / W (GPSS-модель) можна представити у вигляді блок-схеми – сукупність фігур з характерними обри-

сами блоків, з'єднаних між собою спрямованими лініями відповідно до логіки моделі. Блок-схема є графічним представленням моделі і показує взаємодію блоків в процесі моделювання на відміну від програмного уявлення – сукупності відповідних операторів.

Апаратні об'єкти є аналогами обслуговуючих приладів та іншого обладнання реальної системи. До них відносяться одноканальні, багатоканальні пристрої та логічні перемикачі. Одноканальні і багатоканальні пристрої відповідають обслуговуючим приладів в СМО. Логічні перемикачі використовуються для моделювання двійкових станів логічного чи фізичного характеру і можуть знаходитися в двох станах: включено і вимкнено [18].

Статистичні об'єкти служать для збору та обробки статистичних даних про функціонування моделі. До них відносяться черги і таблиці. Кожен об'єкт типу чергу забезпечує збір і обробку даних про транзактах, затриманих в будь-якій точці моделі, наприклад перед одноканальним пристроєм. Таблиці використовуються для отримання розподілів випадкових величин, наприклад, часів очікування і перебування транзактов в моделі.

До обчислювальних об'єктів відносяться змінні (арифметичні, Булевського) і функції. Вони використовуються для обчислення деяких величин, заданих арифметичними, логічними виразами або в табличному вигляді.

Запам'ятовувальні об'єкти забезпечують зберігання в пам'яті комп'ютера окремих величин, що використовуються в моделі, а також масивів таких величин. До них відносяться так звані зберігаються величини і їх матриці.

До групуючих об'єктів відносяться списки користувача і групи. Списки користувача використовуються для організації черг з дисциплінами, відмінними від дисципліни FIFO.

У даній роботі такі об'єкти GPSS / W як логічні перемикачі, таблиці, змінні, які зберігаються величини, відповідні матриці, а також групують об'єкти розглядатися не будуть.

Кожному об'єкту того чи іншого типу відповідають числові атрибути, що описують його стан в даний момент модельного часу. Крім того, є ряд так званих системних атрибутів, що відносяться не до окремих об'єктів, а до моделі в цілому. Значення атрибутів всіх об'єктів моделі після закінчення моделювання виводяться в стандартний звіт GPSS / W. Більша частина атрибутів доступна користувачеві і складає так звані стандартні числові атрибути (СЧА), які можуть використовуватися в якості операндів операторів програми. Всі атрибути в GPSS / W є цілими числами [18].

Для посилання на який-небудь СЧА деякого об'єкта відповідний операнд оператора записується одним із таких способів: назва \$ ім'я або назва j, де назва – системне позначення конкретного СЧА цього об'єкта, а ім'я або j – відповідно ім'я або номер об'єкта, а \$ – символ-роздільник.

Прогін поточної моделі, тобто власне моделювання, виконується за допомогою спеціальної керуючої програми, яка називається симулятором (від англійського слова SIMULATE – моделювати, імітувати) і працює в режимі інтерпретації. Прогін GPSS-моделі під керуванням стимулятора-інтерпретатора полягає у переміщенні транзактов від одного блоку до іншого, імітуючи переміщення заявок в моделюється системі.

У початковий момент часу в GPSS-моделі немає жодного транзакта. В процесі моделювання інтерпретатор GPSS / W генерує транзакти в певні моменти часу (подібним же чином і знищує їх) відповідно до логіки функціонування моделі. У загальному випадку в моделі одночасно перебуває велика кількість транзактов, однак в кожний момент часу інтерпретатор здійснює просування тільки одного транзакта.

Якщо транзакт почав свій рух, він переміщається від блоку до блоку по шляху, запропонованому блок-схемою. В той момент, коли транзакт входить в деякий блок, на виконання викликається відповідна даному блоку підпрограма інтерпретатора, а після її виконання, тобто після реалізації функцій даного блоку, транзакт залишає його і намагається увійти в наступний блок. Таке просування транзакта продовжується до тих пір, поки не відбудеться одне з наступних подій [19]:

- 1) транзакт входить в блок, який видаляє його з моделі;
- 2) транзакт входить в блок, функцією якого є затримка його в даному блоці на деякий час;
- 3) транзакт намагається увійти в наступний блок, проте він відмовляється прийняти його.

В останньому випадку транзакт залишається в тому блоці, де знаходиться, і пізніше буде повторювати свою спробу увійти в наступний блок. Коли умови в моделі зміняться, така спроба може виявитися успішною, і транзакт зможе продовжити своє переміщення по блок-схемі.

Якщо виникло одне з описаних вище умов, обробка даного транзакта припиняється, і інтерпретатор починає переміщення іншого транзакта, теж до тих пір, поки не виникне одне з розглянутих умов. Таким чином, виконання моделювання інтерпретатором триває постійно, просуваючи то один транзакт, то інший [20].

Входячи в блоки моделі, кожен транзакт вносить вклад у вміст лічильників блоків. Значення цих лічильників доступні користувачеві через СЧА блоків: W – лічильник поточного вмісту блоку і N – лічильник входів, тобто лічильник загального числа транзактів, що увійшли в блок.

Кожне просування транзакта в моделі є подією, яка повинна відбутися в певний момент часу. Як відомо, процес функціонування моделі можна уявити як хронологічну послідовність подій, що виникають в моделі. Для того щоб дотримувати правильну тимчасову послідовність виникнення подій, інтерпретатор має таймер часу, який автоматично коректується відповідно до логіки, запропонованої моделлю.

Таймер модельного часу в GPSS / W має такі особливості [21]:

- 1) на початку моделювання таймер встановлюється рівним нулю;
- 2) модельне час може приймати тільки цілі значення;
- 3) одиниця часу визначається розробником моделі і всі тимчасові параметри моделі повинні бути приведені до обраної одиниці;
- 4) інтерпретатор при автоматичній корекції таймера часу застосовує принцип змінного кроку, коли таймер коригується на момент настання найближчого події.

Значення таймера часу доступні користувачеві через системні ВЧА: $С1$ – відносний час і $АС1$ – абсолютний час.

Основним завданням, що виконується інтерпретатором, є визначення того, який транзакт треба вибрати такий для просування в моделі, коли попередній транзакт припинив своє просування. З цією метою інтерпретатор розглядає кожен транзакт не тільки як елемент блоку, в якому він перебуває в даний момент, але і як елемент одного або більше списків. У GPSS / W існують такі списки: список поточних подій; список майбутніх подій; списки переривань; списки користувачів та списки паритетності (синхронізації). У всіх моделях обов'язково присутні два основних списку: список поточних подій (СПП) і список майбутніх подій (СМП). Решта списки в даній роботі не розглядаються.

СПП включає в себе ті транзакти, просування яких раніше було заблоковано та ті транзакти, які переведені в даний список в поточний момент часу. СПП організовується в порядку убуття пріоритетів транзактов, а в межах кожного рівня пріоритету – в порядку надходження транзактов в список.

СМП включає в себе транзакти, запланований час просування, яких більше поточного значення модельного часу, тобто події, пов'язані з просуван-

ням цих транзактов, повинні відбутися в майбутньому. Цей список організовується в порядку зростання запланованого часу просування транзактов.

Інтерпретатор GPSS / W поміщає транзакти в залежності від умов в моделі в той чи інший список. Після обробки всіх транзактов у СПП інтерпретатор переглядає СМП і коригує таймер на момент часу першого (найближчого) події в СМП і відповідний транзакт переносить з СМП до СПП тощо.

1.5 Аналіз основних блоків GPSS

Безліч блоків, використовуваних в GPSS / W можна умовно розділити на чотири групи: блоки, пов'язані з транзактами; блоки апаратних об'єктів; блоки для збору статистичних даних та блоки, що змінюють маршрути транзактів.

З транзактами пов'язані блоки [22]:

- а) створення;
- б) знищення;
- в) затримки транзактів;
- г) зміни їх атрибутів і створення копій транзактів.

Для створення транзактів, що входять в модель (іншими словами для імітації процесів надходження заявок в СМО) служить блок GENERATE (генерувати) – єдиний блок, через який транзакти входять в модель. Блок GENERATE має наступний формат: ім'я GENERATE A, B, C, D, E

Операнд A задає середнє значення інтервалів надходження транзактов в модель, в якості якого може бути заданий будь СЧА, в тому числі і посилання на функцію. Якщо цей інтервал постійний (детермінований потік), то операнд B не використовується. Якщо ж інтервали надходження є випадковими величинами, то операнд B визначає модифікатор середнього значення, який може бути заданий у вигляді модифікатора-інтервалу або модифікатора-функції [23].

Якщо інтервали надходження транзактів розподілені по рівномірному закону, то використовується модифікатор-інтервал, який повинен бути позитивним цілим числом і зокрема в поле B може бути заданий будь СЧА, окрім посилання на функцію. В цьому випадку операнд B задає половину поля допуску рівномірного розподілу, і відповідно інтервали приходу транзактов розподілені рівномірно на відрізок $[A - B, A + B]$. Наприклад, блок GENERATE 70, 20 генерує транзакти через інтервали часу, розподілені рівномірно на відрізок.

Якщо закон розподілу інтервалів надходження відмінний від рівномірного, то використовується модифікатор-функція. В цьому випадку в поле операнда В повинна бути задана посилання на функцію, що описує цей закон, і випадковий інтервал надходження транзакта визначається, як ціла частина твору значення операнда А (середнє значення) на обчислена значення функції.

Слід звернути особливу увагу на те, що транзакти генеруються з заданим (операндами А і В) законом розподілу в тому і тільки в тому випадку, якщо в моделі блок, наступний за блоком GENERATE, ніколи не перешкоджає виходу транзактов з блоку GENERATE. Це обумовлено тим, що інтерпретатор GPSS / W планування приходу кожного наступного транзакта виробляє в момент виходу поточного транзакта з блоку GENERATE (в цей же момент він входить в наступний блок).

За замовчуванням, коли операнди А і В не задані, значення їх рівні 0, відповідно, і всі інтервали надходження транзактів також рівні 0. Проте в цьому випадку інтерпретатором GPSS / W інтервал надходження (а значить, і момент приходу) першого транзакта примусово приймається рівним 1. Такий блок GENERATE буде генерувати транзакти до тих пір, поки не використовує всі транзакти, які можуть бути активними в якийсь певний момент часу. Щоб попередити це, слід або задати межа генерації (операнд D), або за блоком GENERATE повинен слідувати блок, який викликає блокуючу умову.

Будь яка програма на GPSS починається з блоку SIMULATE що позначає початок симуляції [24].

У блоку GENERATE задаються залежності завдяки яким прогнозування поведінки моделі більш приближена до реальної моделі.

2 РОЗРОБКА ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Концептуальна модель системи

Складання проектного каркасу майбутньої програмної системи почнемо з визначення технічного завдання на проектування.

Технічне завдання (ТЗ) – початковий документ на проектування технічного об'єкта. ТЗ встановлює основне призначення розроблюваного об'єкта, його технічні та тактико-технічні характеристики, показники якості і техніко-економічні вимоги, припис щодо виконання необхідних стадій створення документації (конструкторської, технологічної, програмної тощо) та її склад, а також спеціальні вимоги.

Система, що проектується, по суті, являє собою своєрідний «конвеєр», на вхід якого подаються відомості про кількість суден, що прибувають. Вони і є основними вхідними даними. Потім в ході роботи з програмою проводиться обробка вхідних даних, їх доповнення чи уточнення и планування прийому суден.

На цьому основну роботу користувача можна вважати завершеною – подальші дії по обчисленню статистики, часу на обслуговування та вивід цієї інформації користувачеві. Користувач може в будь-який момент відкоригувати необхідні параметри і внести зміни у вихідні дані у разі потреби.

Архітектурно, система являє собою деякий конвеєр з таким функціоналом:

- внесення та збереження кількості суден;
- математична модель морського вокзалу;
- форма для відображення статистичних даних.

На приведеному нижче рисунку (рис. 2.1) можливо продивитись детальну концептуальну схему системи, із урахуванням усіх архітектурних особливостей.

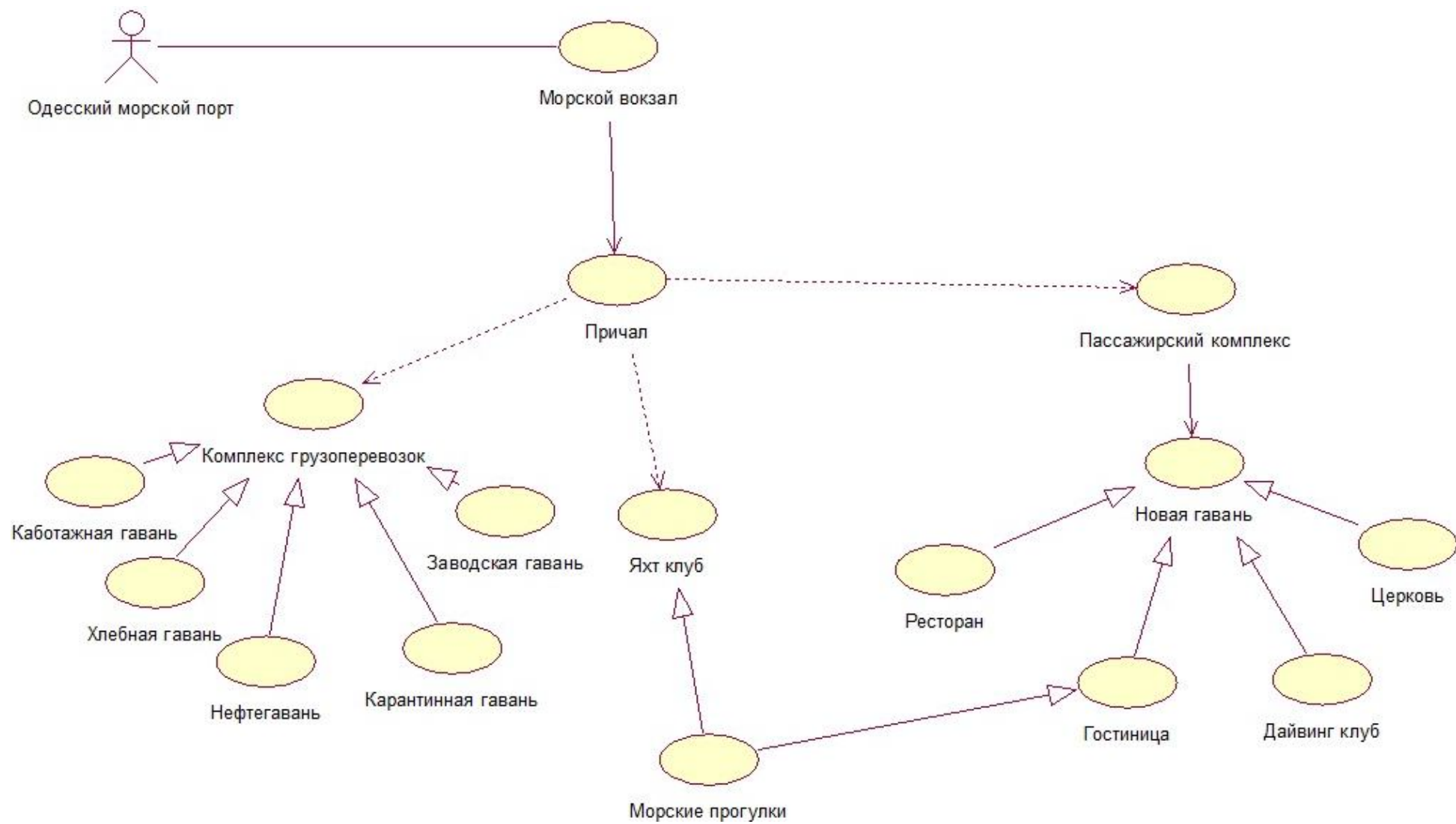


Рисунок 2.1 – Концептуальна модель ДП «Одесский Морський Торговельний Порт»

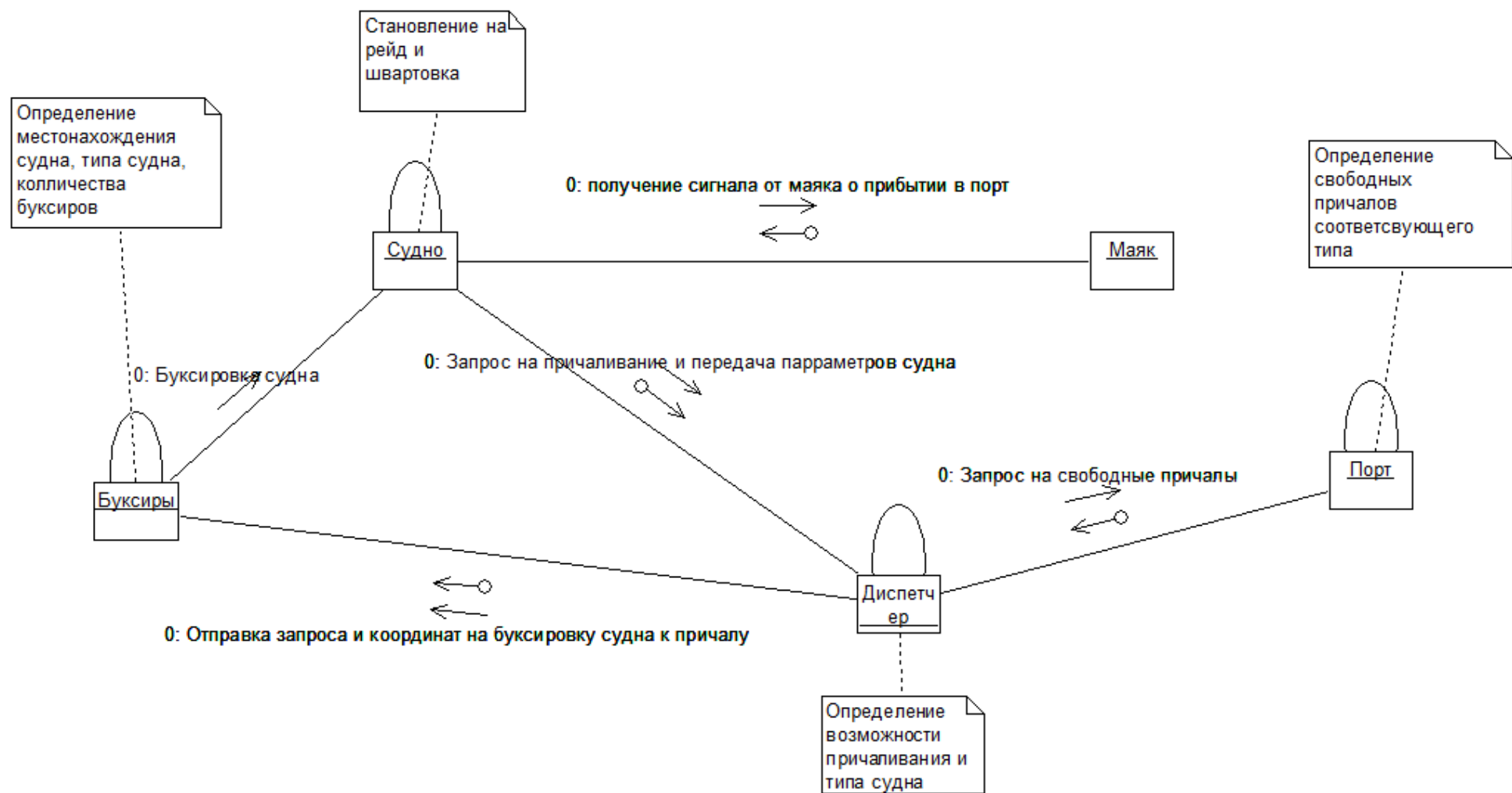


Рисунок 2.2 – Диаграмма об'єктів ДП «Одеский Морський Торговельний Порт»

Функціональну структуру імітаційної моделі ОМВ наведено на рис. 2.3.

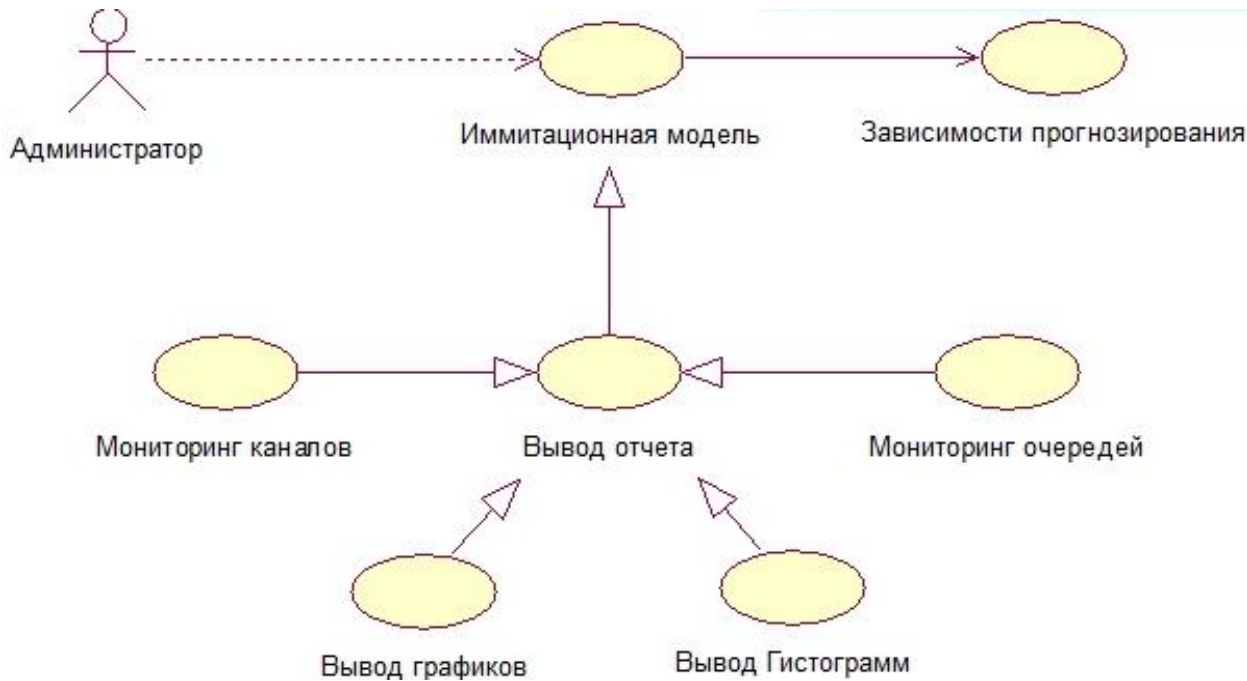


Рисунок 2.3 – Функціональна структура імітаційної моделі ОМВ

Деталізовану концептуальну модель програмної системи «Імітаційна модель Одеського Морського Вокзалу» наведено на рис. 2.4.

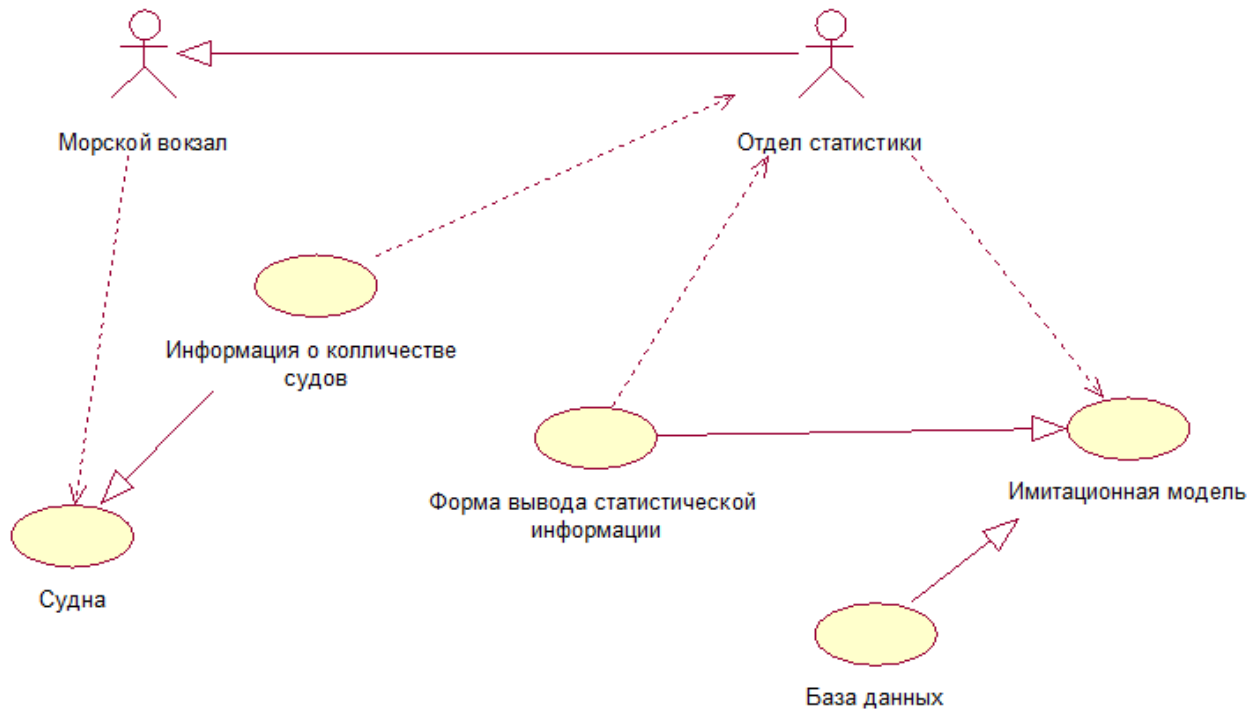


Рисунок 2.4 – Концептуальна модель імітаційної моделі ОМВ

2.2 Об'єктні моделі системи

Деталізовану діаграму об'єктів програмної системи «Імітаційна модель Одеського Морського Вокзалу» наведено на рис. 2.5.

Кооперативну діаграму функціонального складу імітаційної моделі наведено на рис. 2.6.

2.3 Структура і функціонал програмного продукту

Щоб розробити такий програмний продукт як імітаційна модель Одеського морського вокзалу потрібно поставити перед собою ряд вимог, що дозволяють реалізувати необхідні можливості цього програмного продукту. На початку можна визначити головну характеристику, що визначає ця імітаційна модель. Модель повинна підраховувати відвідувачів, складати статистику, пред'являти статистичні данні тоді вона буде називатися імітаційною моделлю.

Імітаційна модель може відображати кількість відвідувань, середнє завантаження порту, середній час перебування судів у порту, середній час обслуговування судів – ця інформація показує середньо статистичні данні, які у деяких випадках не мають практичності.

Визначимо із загальної статистики більш детальну. З додаванням ще декількох СЧА, ми можемо отримати додаткову інформацію про кількість відвідувачів у день, тиждень, місяць, рік, установити завантаженість порту у режимі реального часу.

Вся інформація буде так само записуватися в звіт із загальною статистикою. Але на відміну від загальної статистики, ці будуть оновлюватися раз на день, у тиждень тощо. Також треба встановити можливість виводу наглядної інформації: діаграм та графіків, які показують деталізовану статистичну інформацію. Перелічену послідовність – зведемо до діаграми послідовності роботи з програмним засобом (рис. 2.7).

Для створення детальної статистики, нам потрібно взяти додаткову інформацію про кожен причал. Основною відмінністю причалів один від одного є місткість та частотна характеристика заходу суден у порту. Щоб визначити частотну характеристику у імітаційній моделі треба встановити закономірності.

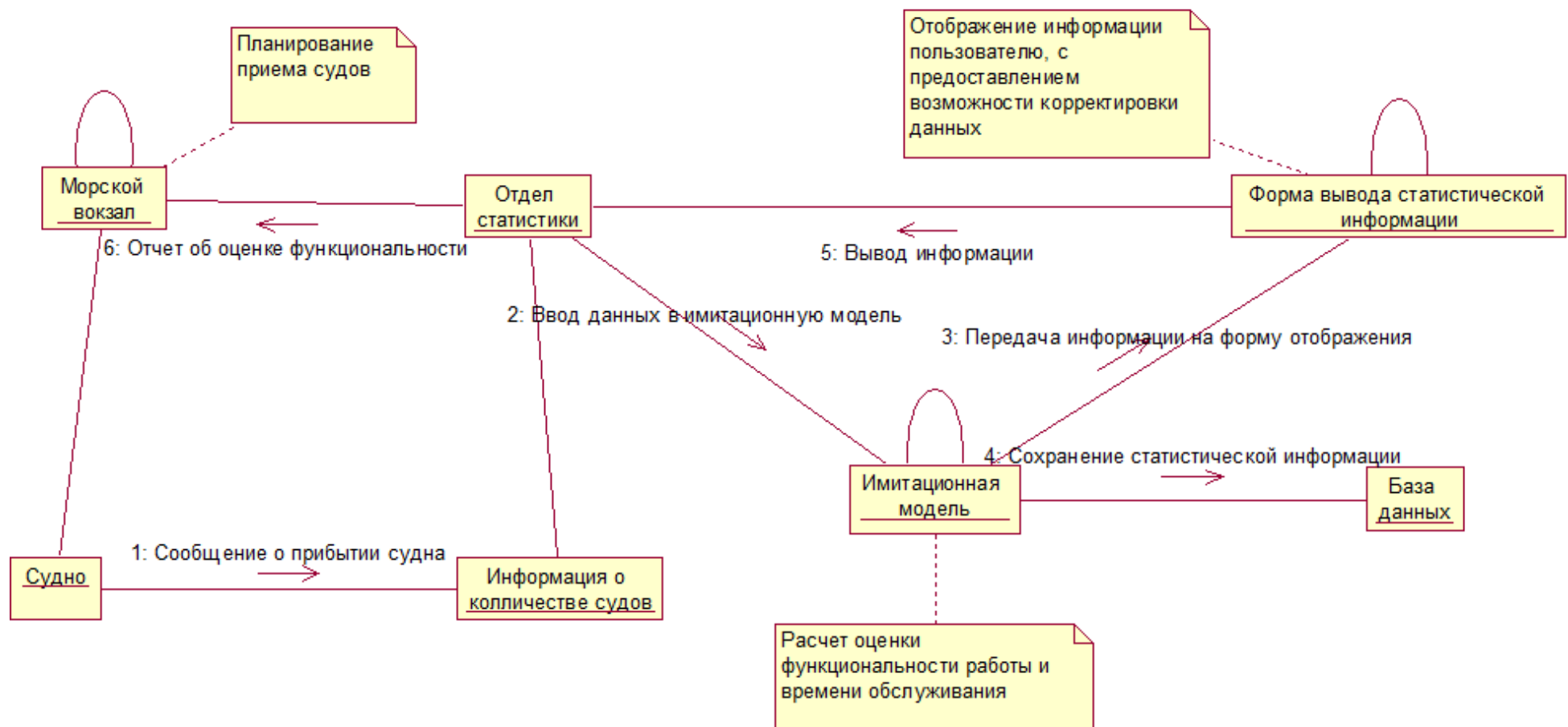


Рисунок 2.5 – Діаграма об'єктів імітаційної моделі

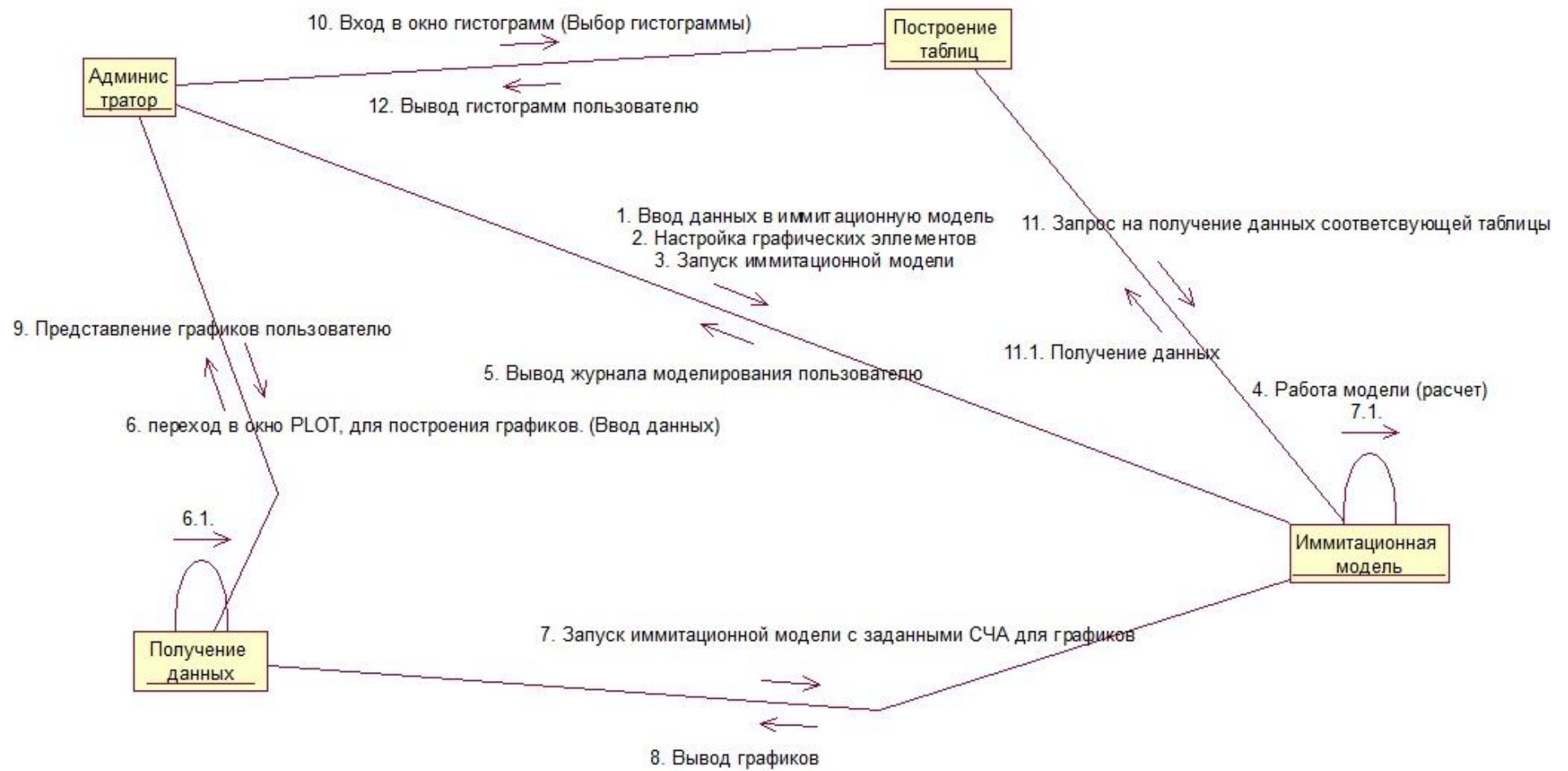


Рисунок 2.6 – Кооперативна діаграма функціонального складу імітаційної моделі

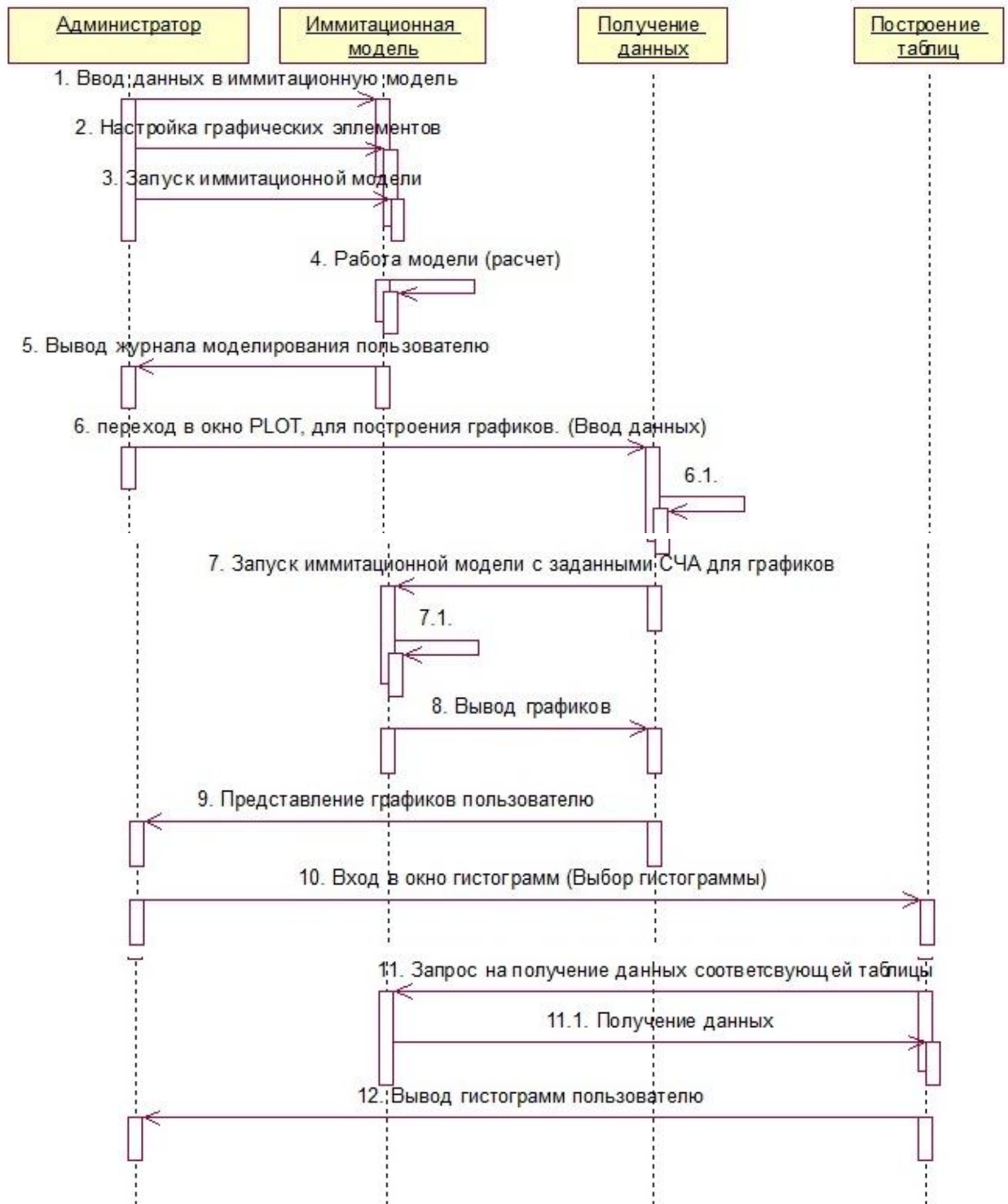


Рисунок 2.7 – Діаграма послідовності роботи з програмним засобом

Закономірності заходу суден різного типу у порт, треба встановити для кожного типу. Оптимальною функцією для даних закономірностей буде безперервна функція статистики. Ця функція буде прогнозувати с заданою ймовірністю появлення транзактів у моделі. Корисною функцією для такої моделі буде визначення часу обслуговування буксирами кожного типу суден. З

такою функцією можна виявити усі недоліки реальної моделі. Також треба визначити статистичну інформацію щодо буксирів. Виявити діаграми та графіки їхнього використання.

2.3 Модель станів

Формулювання технічного завдання для моделі станів:

- 1) виявити характеристику з'явлення суден у порту;
- 2) створити імітаційну модель Одеського морського порту;
- 3) визначити середню завантаженість порту;
- 4) визначити середній час обслуговування кожного типу суддів;
- 5) визначити коефіцієнт використання кожного з причалів;
- 6) визначити завантаженість буксирів;
- 7) визначити коефіцієнт використання буксирів;
- 8) видати статистичні дані за всіма пунктами;

Діаграму станів декомпозовано на складові, які наведені на рис. 2.8.

2.4 Діаграми класів та компонентів

Діаграма класів (ДК) – статична структурна діаграма, що описує структуру системи, вона демонструє класи системи, їхні атрибути, методи і залежності між класами. Класи – це найважливіші будівельні блоки будь об'єктно-орієнтованої системи. Вони являють собою опис сукупності об'єктів із загальними атрибутами, операціями, відносинами та семантикою. Клас реалізує один або декілька інтерфейсів.

Добре структуровані класи характеризуються чіткими кордонами і допомагають формувати збалансований розподіл обов'язків у системі. Клас (class) – абстрактне опис безлічі однорідних об'єктів, що мають однакові атрибути, операції та відносини з об'єктами інших класів.

ДК при моделюванні об'єктно-орієнтованих систем зустрічаються частіше інших. На таких діаграмах показується безліч класів, інтерфейсів, кооперацій і відносин між ними. ДК використовуються для моделювання статичного виду системи з точки зору проектування. Сюди здебільшого відноситься моделювання словника системи, кооперацій і схем. Крім того, ДК складають основу ще двох діаграм – компонентів і розгортання. ДК важливі не тільки для візуалізації та специфікації документування структурних моделей, але також для прямого і зворотного проектування виконуваних систем.

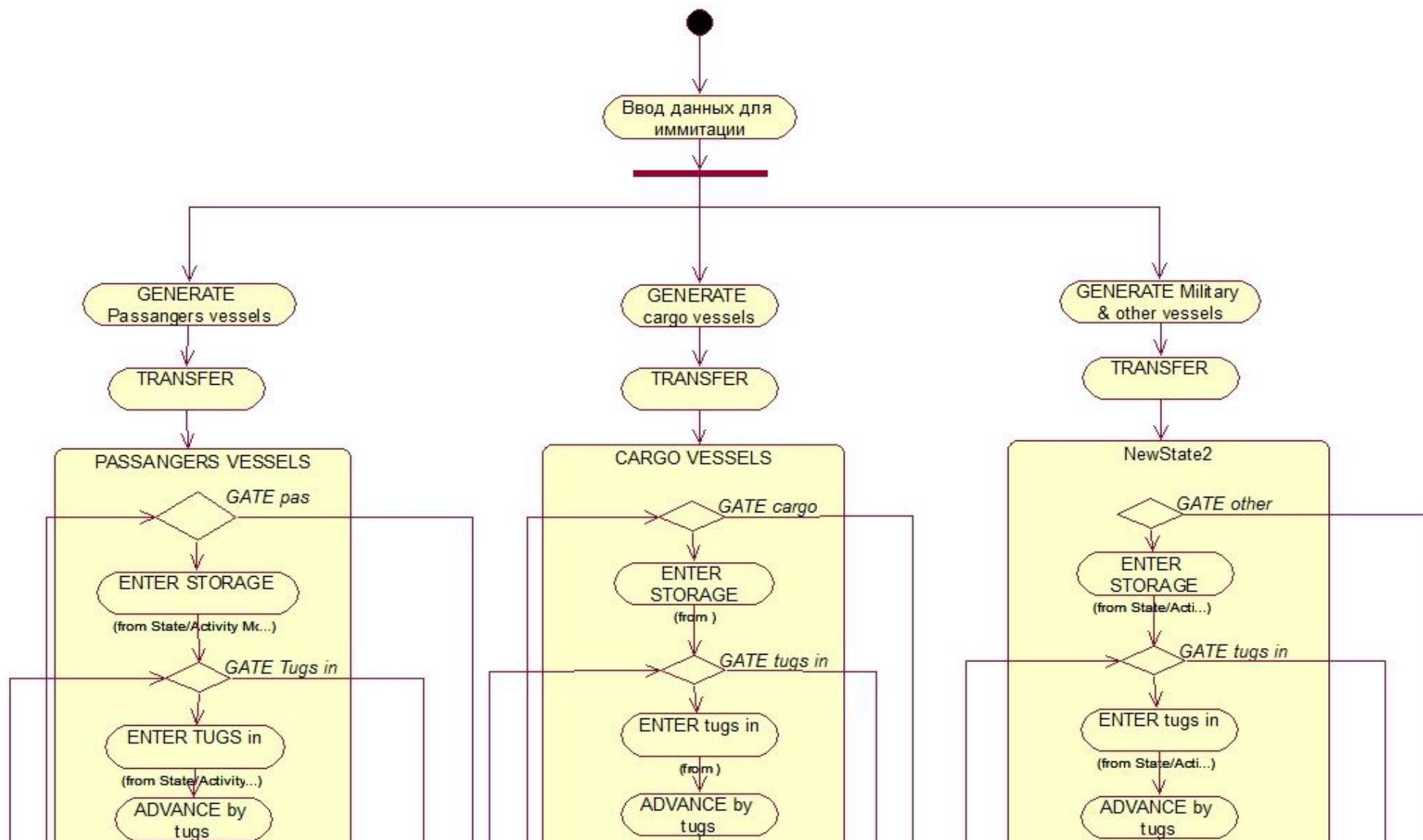


Рисунок 2.8 – Діаграма станів для імітаційної моделі

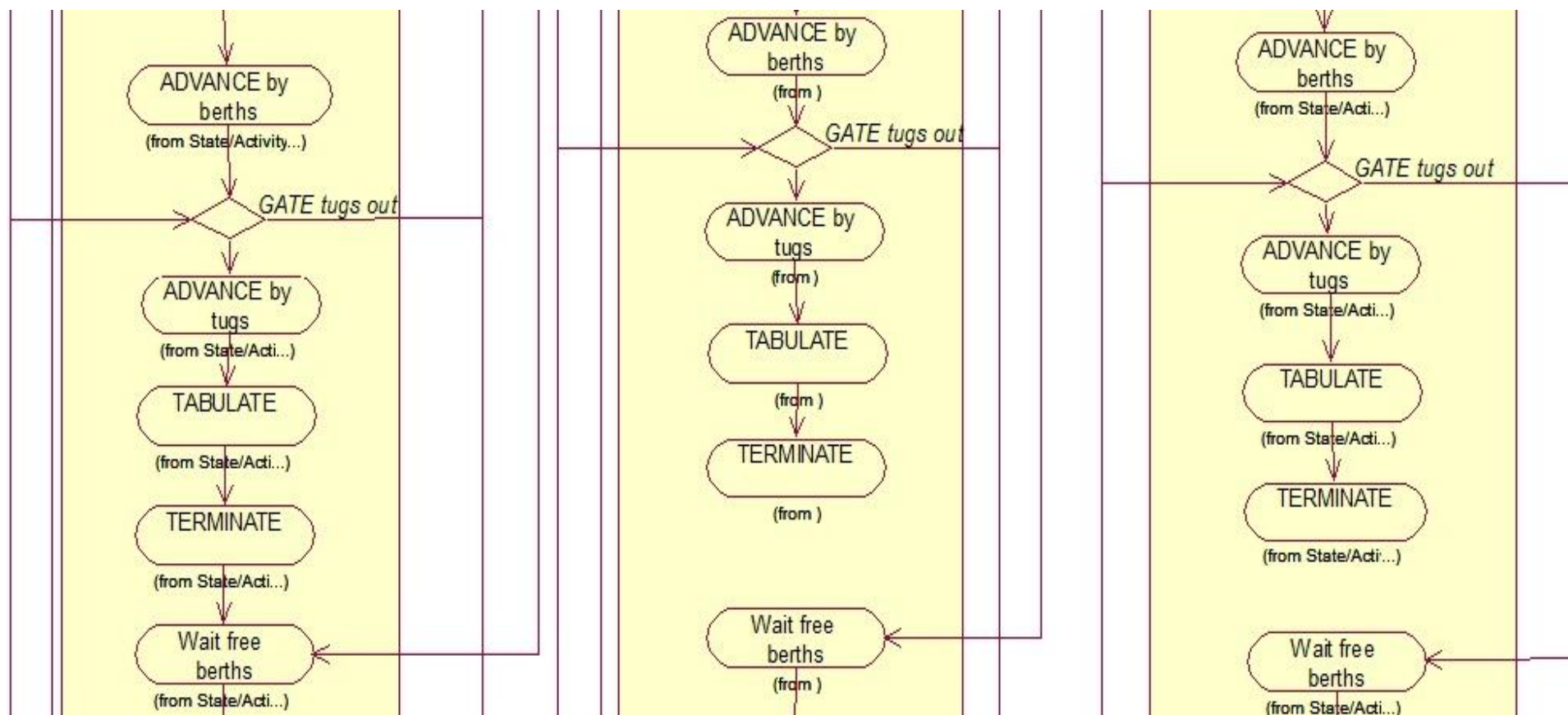


Рисунок 2.8, аркуш 2

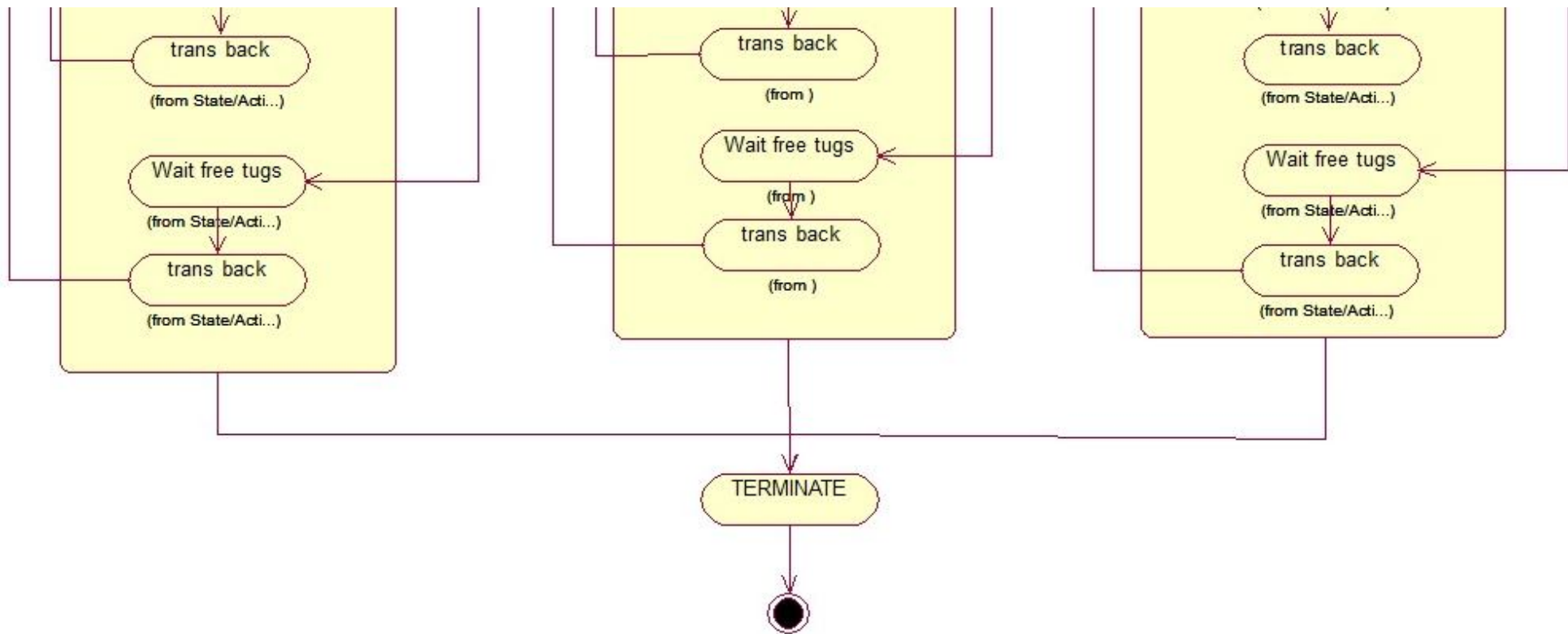


Рисунок 2.8, аркуш 3

Побудовану ДК для ДП «Одеський Морський Торгівельний Порт» наведено на рис. 2.9.

Діаграми компонентів (Component diagram) – ДКМ – це статична структурна діаграма, яка показує розбивку програмної системи на структурні компоненти та зв'язки (залежності) між компонентами. В якості фізичних компонентів можуть виступати файли, бібліотеки, модулі, файли, що виконуються, пакети та ін.

ДКМ використовуються для моделювання компонентної структури розподілених додатків. Всередині – кожна компонента може бути реалізована за допомогою безлічі різноманітних класів та об'єктів.

ДКМ імітаційної моделі ОМВ – наведено на рис. 2.10.

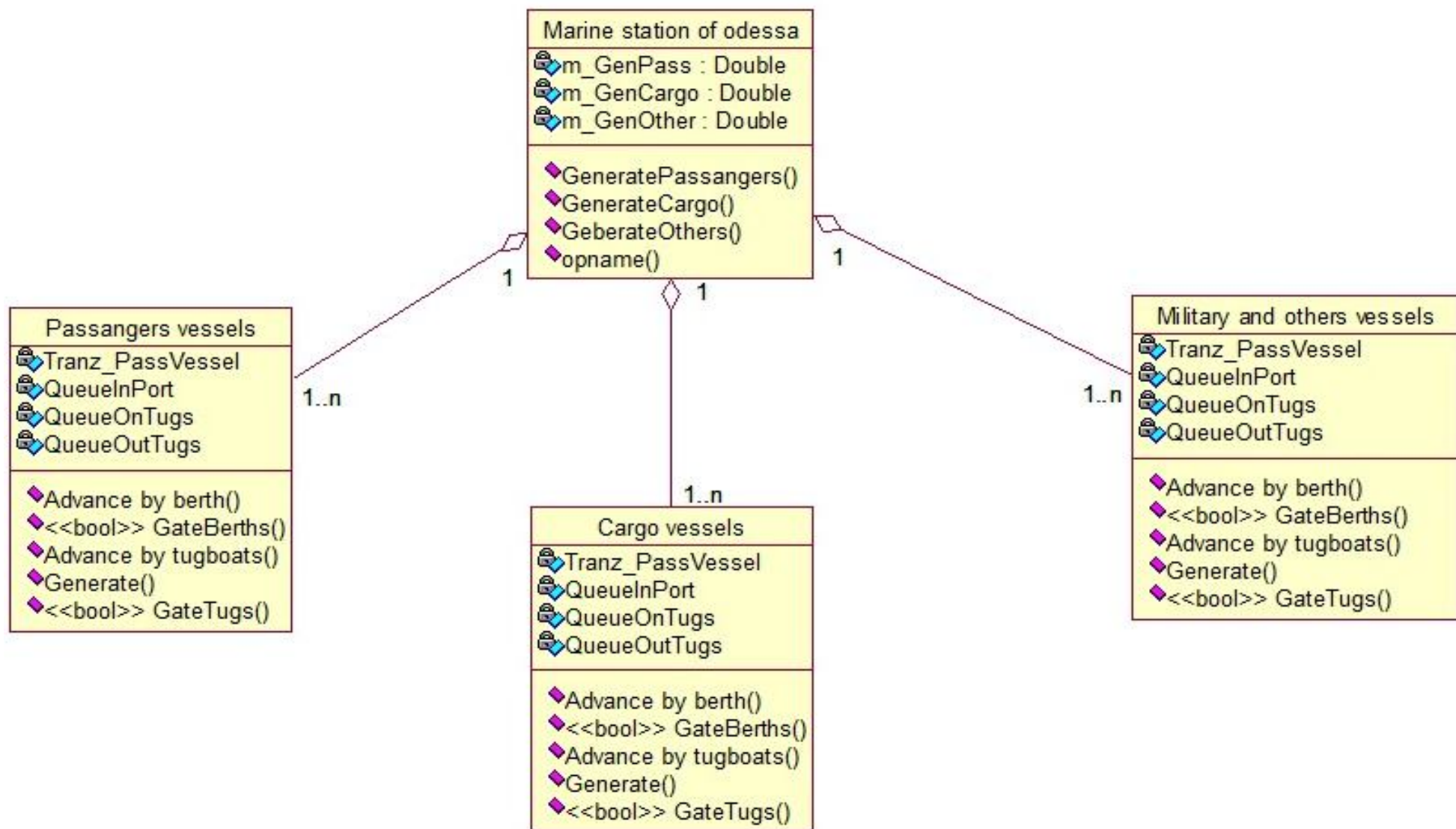


Рисунок 2.9 – Діаграма класів для ДП «Одеський Морський Торгівельний Порт»

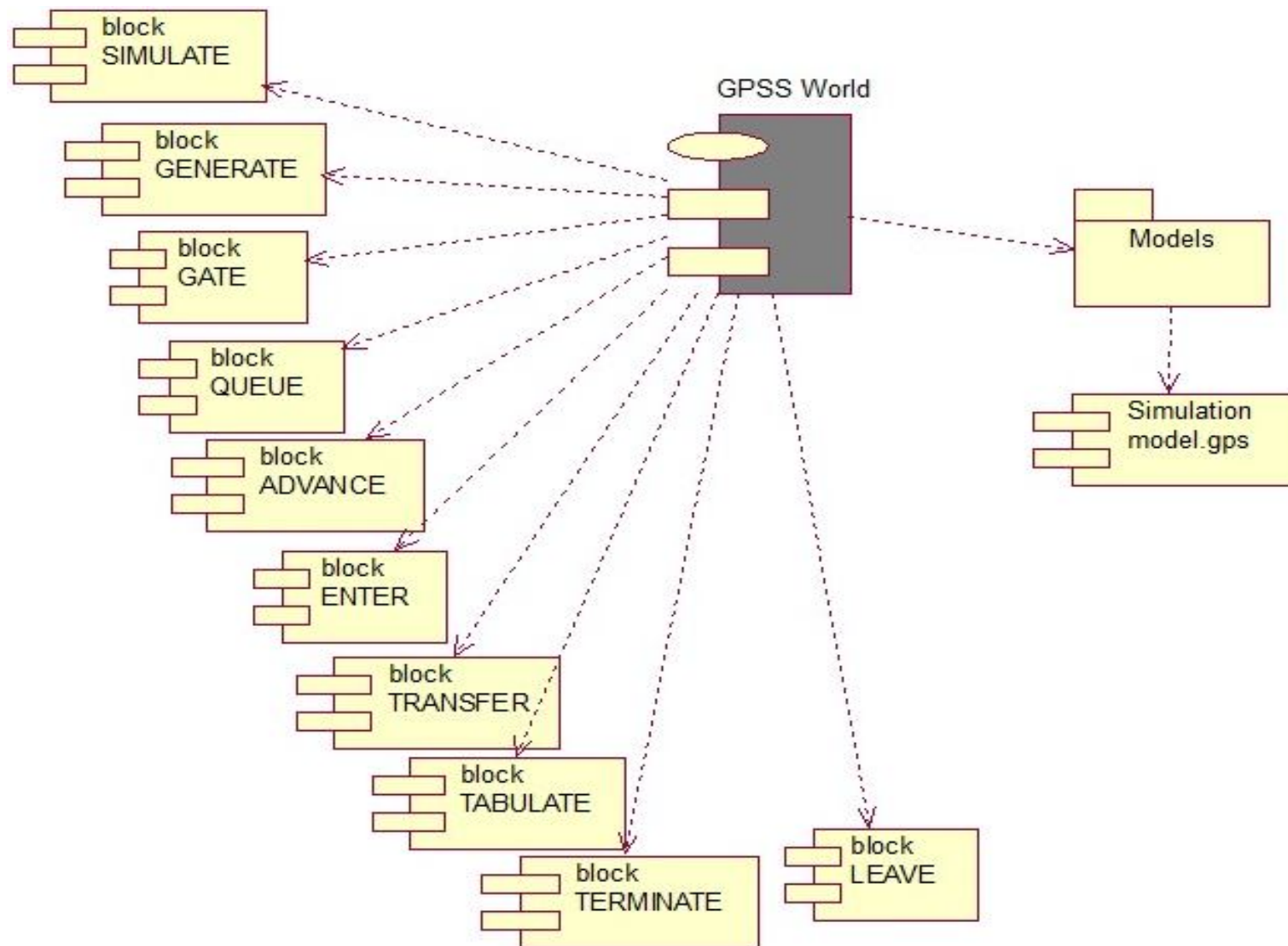


Рисунок 2.10 – Діаграма компонентів імітаційної моделі ОМВ

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИТУАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

3.1 Принципи програмного кодування математичної моделі, що використовується

У даному випадку використовується Пуассонівський процес, як випадковий процес, що описує моменти настання:

$$0 < t_1 < \dots < t_n \quad (3.1)$$

будь-яких випадкових подій, в якому число подій, що відбуваються протягом будь-якого фіксованого інтервалу часу, має розподіл Пуасона та незалежні числа подій, що відбуваються в непересічні проміжки часу.

Нехай $m(s, t)$ – число подій, моменти настання яких t_i задовольняють нерівностям $0 \leq s < t_i \leq t$, і нехай $l(s, t)$ – математичне очікування $m(s, t)$. Тоді й Пуассонівський процес при будь-яких $0 \leq s_1 < t_1 \leq s_2 < t_2 \leq \dots \leq s_r < t_r$ випадкові величини:

$$m(s_1, t_1), m(s_2, t_2), \dots, m(s_r, t_r) \quad (3.2)$$

незалежні та ймовірність того, що $m(s, t) = n$, дорівнює l .

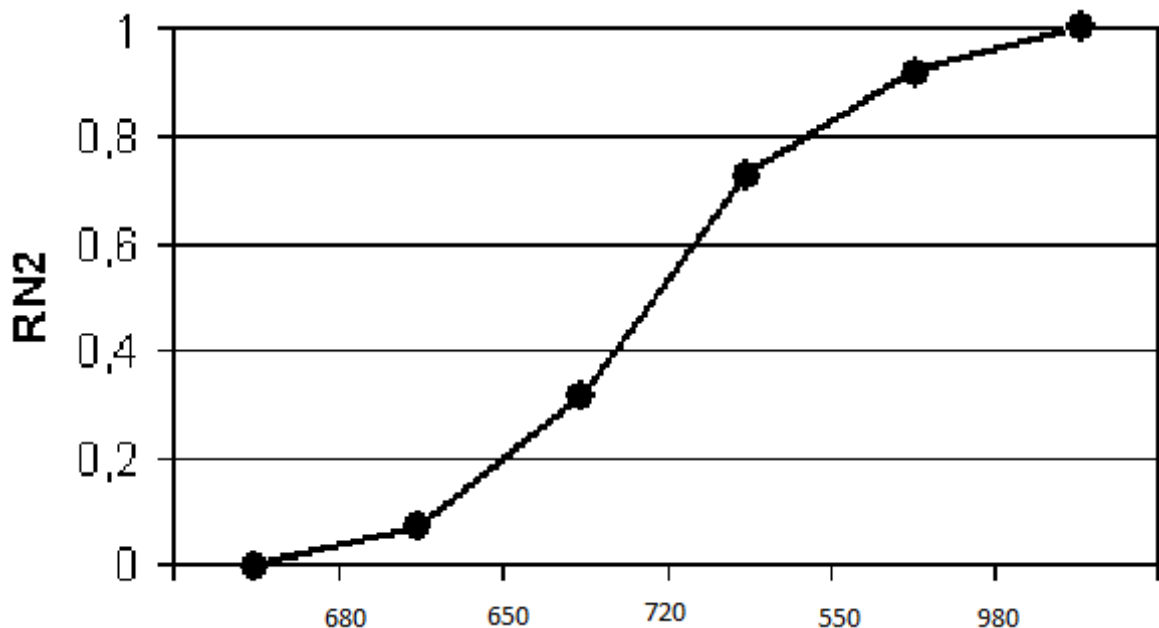


Рисунок 3.1 – Безперервна функція з випадковим відбором ймовірності для пасажирських човнів

Така функція задається для кожної залежності, кожного причалу. Максимум функції залежить від обраної ймовірності. Ймовірність означає у якому періоду часу знаходиться модель.

СМО яка описує роботу пасажирського комплексу використовує залежність у якій максимум функції приходить на період у якому пасажирські човни не заходять у порт з великою ймовірністю.

Наприклад літом частота прибуття пасажирських човнів більше ніж узимку або восени.

Abb	FUNCTION	RN2,C24
0.0,440/.01,400/.04,550/.06,500/.08,650/.1,700/.14,720/.16,740/.17,880/.20,		
680		
		/.25,700/.4,650/.45,800/.5,720/.55,340/.6,720/.65,780/.70,760/
		.75,500/.80,550/.85,900/.90,540/.95,630/1,980

Частота прибуття вантажних човнів навпаки більш однакова на протязі усього року.

Bbb	FUNCTION	RN2,C24
0.0,340/.01,300/.04,250/.06,200/.08,350/.1,500/.14,720/.16,740/.17,280/.20,		
180		
		/.25,200/.4,350/.45,400/.5,120/.55,340/.6,420/.65,280/.70,360/
		.75,500/.80,550/.85,900/.90,140/.95,30/1,280

Після завдання залежностей у блоку GENERATE створюється черга транзактів у порт.

Після проходження крізь чергу у порт, транзакт намагається потрапити у причал (пам'ять (STORAGE)).

Умова попадання транзакту (човну) на причал залежить від повертаємого значення блоку GATE використовуючого СЧА SNF – пам'ять не вільна.

AWORK	QUEUE	ABERTH	
povtorA	GATE	SNF	ABERTHS, wait AB
	ENTER	ABERTHS	
	DEPART	ABERTH	
	QUEUE	AINTUGS	

Якщо пам'ять вільна, то транзакт переходить у наступний блок. Якщо ні транзакт переходить у блок ADVANCE (затримка транзакту).

Після блоку ADVANCE тразакт переходить у блок TRANSFER від куди він попадає знову у блок GATE для перевірки умови переходу у причал.

Після переходу у причал транзакт попадає знову у блок GATE для перевірки умови використання буксирів.

```
//Перевірка умови входу транзакту для використання буксирів
wTugAF      GATE      SNF  ATUGBOATS, TugAF
```

```
//Вход у блок пам'яті буксирів
      ENTER  ATUGBOATS
```

```
//Вихід транзакту із черги у порт
      DEPART AINTUGS
```

```
//Обслуговування транзакту (човну)
      ADVANCE 2,0.5
```

```
//Вихід з пам'яті буксирів
      LEAVE  ATUGBOATS
```

```
//Обслуговування транзакту у порту
      ADVANCE      720,120
```

```
//Вхід транзакту у чергу на буксіри
      QUEUE  AOUTTUGS
```

```
//Перевірка зайнятості пам'яті буксирів для використання їх транзактом
wTugAS      GATE      SNF  ATUGBOATS, TugAS
```

```
//Вхід у пам'ять буксирів
      ENTER      ATUGBOATS
```

```
//вихід транзакту з черги
      DEPART AOUTTUGS
```


//Обслуговування транзакту буксирами
ADVANCE 2,0.5

//Вихід з буксировки
LEAVE ATUGBOATS

//Вихід транзакту з блоку пам'яті причалу
LEAVE ABERTHS

Якщо умова SNF не виконується то транзакт знову переходить у другий блок ADVANCE для очікування вільних буксирів для буксировки їх до визначеного причалу.

Після буксировки транзакт займає місце у привчала й починається обслуговування транзакту (човну) у причалу.

Для визначення причалів у імітаційній моделі ДП «Одеський Морський Торговельний Порт» використовуються блоки STORAGE.

Ці блоки створюють багатоканальну систему масового обслуговування з трьома каналами (причалами).

У моделі використано тільки три каналу, тому що контролювання більш ніж трьох каналів імітаційною моделлю викликає колізію транзактів й неординарну поведінку моделі.

Використання менш ніж трьох каналів не відповідає валідній роботі імітаційної моделі. Тому що існує багато класів човнів і велика різноманітність підкласів (див. рис. 2.9).

Віртуально можна поділити усі човні на три категорії (рис. 2.9):

- пасажирські (круїзні лайнери, пасажирські теплоходи);
- вантажні човни, трейлери, земснаряди, ремонтні човни;
- екскурсійні човни, яхти, воєнізовані кораблі, катера, човни мілкового розміру.

Також пам'ять використовується для відзначення буксирів. Буксири також розділені на класи, тому що для кожного класу човнів використовуються різні типи буксирів.

Кожна під модель закінчує роботу з транзактом блоком TERMINATE котрий здійснює вихід транзакту з під моделі.

//Запис даних у таблицю для створення діаграм
TABULATE BBER

TABULATE
TABULATE

BBER2
BTUGS

//Вихід моделі
TERMINATE

Блоки TABLE та TABULATE здійснюють можливість створення діаграм стану, та забезпечують наглядне представлення звіту по роботі імітаційної моделі ДП «Одеський Морський Торговельний Порт».

//Таблиці даних по роботі причалу для пасажирських човнів
//Підраховується середній коефіцієнт використання причалу

ABER	TABLE	SR\$ABERTHS,120,12,10
------	-------	-----------------------

//Підраховується середній час перебування транзакту у причалі

ABER2	TABLE	ST\$ABERTHS,540,24,18
-------	-------	-----------------------

//Таблиці даних по роботі з вантажними човнами

BBER	TABLE	SR\$BBERTHS,50,5,10
BBER2	TABLE	ST\$BBERTHS,185,10,10

//Таблиці даних по роботі з іншими човнами

CBER	TABLE	SR\$CBERTHS,10,5,20
CBER2	TABLE	ST\$CBERTHS,113,3,20

//Таблиці даних по роботі з буксирами

ATUGS	TABLE	SR\$ATUGBOATS,1.6,0.2,50
BTUGS	TABLE	SR\$BTUGBOATS,1.5,0.2,10
CTUGS	TABLE	SR\$CTUGBOATS,1.3,0.2,20

Для створення таблиці визначається початкове значення, хід сітки та кінцева кількість кроків.

Блок TABULATE збирає потрібну інформацію та заносить її у таблицю.

//Визначення таблиці

ABER	TABLE	SR\$ABERTHS,120,12,10
ABER2	TABLE	ST\$ABERTHS,540,24,18
ATUGS	TABLE	SR\$ATUGBOATS,1.6,0.2,50

//Запис у таблиці

TABULATE	ABER
TABULATE	ABER2
TABULATE	ATUGS

Запуск цієї моделі виконується завдяки блоку GENERATE – блоку генерації транзактів та блоку START – запуску усієї моделі.

//Запуск усієї моделі

//Визначення часу існування моделі

GENERATE	8760
TERMINATE	1

//Запуск моделі

START	1
-------	---

У системі GPSS визначається модельний час. У імітаційній моделі ДП «Одеський Морський Торговельний Порт» використовується модельний час рівний одній добі – 24 години, тобто:

$$24 \times 365 = 8760 \text{ (одиниць модельного часу).}$$

3.2 Загальні відомості про імітаційну модель

По завершенні прогону моделі лунає звуковий сигнал, і в рядку стану з'являються повідомлення:

Writing REPORT.GPS Simulation Complete Reporting,

яке засвідчує, що моделювання закінчене й у цей момент виробляється створення звіту про прогін моделі. Потім система переходить у стан очікування подальших команд.

Звіт, створюваний по завершенні моделювання, записується у файл зі стандартним ім'ям REPORT.GPS. Це ім'я може бути змінено командою REPORT (створити звіт), що має наступний формат:

REPORT A, B.

Операнд A задає ім'я файлу, у який повинен бути виведений звіт. Якщо поле B містить ключове слово NOW, то звіт створюється негайно після введення команди.

Звіт, що створюється автоматично по завершенні прогону моделі або командою REPORT, є не інформативним, тобто непридатним для безпосереднього перегляду. Для форматування й створення стандартного звіту необхідно завершити сеанс роботи з GPSS/W і виконати програму форматування звіту. Вихід з інтегрованого середовища (завершення сеансу) виробляється шляхом введення команди END (закінчити).

Для форматування звіту необхідно завантажити модуль форматування GPSSREPT.EXE. Після його завантаження на екрані з'являється «заставка» з назвою модуля, двома вікнами в нижній частині екрана й повідомленнями-підказками. У лівому вікні виведене ім'я файлу, у якому перебуває вихідний звіт (за замовчуванням це файл REPORT.GPS). У правому вікні виведене позначення пристрою, куди повинен бути виведений форматований звіт (за замовчуванням це екран дисплея SCRN). Форматований звіт може бути також виведений на друк або на диск. Для цього в праве вікно треба відповідно ввести позначення PRN: або ім'я файлу на диску. Для перемикання вікон використовується клавіша Enter. Для створення звіту на обраному пристрої варто нажати клавішу Пробіл, для виходу із програми – клавішу Esc.

Якщо вміст вікон за замовчуванням залишено без зміни, то після натискання клавіші Пробіл на екрані з'являється звіт про останній прогін моделі, виконаному перед завершенням сеансу роботи з модулем GPSSW.EXE. Звіт містить наступну інформацію:

- загальні відомості про модель й її прогін, що включають модельний час початку (START_TIME) і кінця (END_TIME) прогону, кількість блоків у моделі (BLOCKS), кількість пристроїв (FACILITIES), кількість багатокана-

льних пристроїв (STORAGES), обсяг пам'яті, що залишалася вільною при прогоні моделі (FREE_MEMORY);

- відомості про імена об'єктів моделі, що включають для кожного імені ідентифікатор (NAME), привласнене йому числове значення (VALUE) і тип імені: 1, якщо числове значення імені привласнене користувачем; 2, якщо значення імені привласнене системою й 3, якщо ім'я є ім'ям блоку;

- відомості про блоки моделі, що включають для кожного блоку номер рядка вихідної програми (LINE), номер або ім'я блоку (LOC), назва блоку (BLOCK_TYPE), кількість у блок транзактов (ENTRY_COUNT), кількість транзактов у блоці в момент завершення прогону (CURRENT_COUNT), кількість транзактов, заблокованих перед блоком у момент завершення моделювання (RETRY);

- відомості про пристрої моделі, що включають для кожного пристрою його ім'я або номер (FACILITY), кількість входів (ENTRIES), коефіцієнт використання пристрою (UTIL.), середній час на одне заняття (AVE._TIME) і ряд інших даних;

- відомості про багатоканальні пристрої моделі, що включають для кожного БКУ його ім'я або номер (STORAGE), ємність (CAP.), кількість вільних каналів у момент завершення моделювання (REMAIN.), найменше (MIN.) і найбільше (MAX.) кількість зайнятих каналів у процесі моделювання, кількість входів (ENTRIES), середня кількість зайнятих каналів (AVE.C.), коефіцієнт використання МКУ (UTIL.) і ряд інших даних;

- відомості про черги моделі, що включають для кожної черги її ім'я або номер (QUEUE), максимальна довжина черги (MAX.), кількість транзактов у черзі в момент завершення моделювання (CONT.), кількість входів у чергу (ENTRIES), кількість «нульових» входів у чергу (ENTRIES (0)), середній уміст черги (AVE.CONT.), середній час перебування в черзі з обліком всіх транзактов (AVE.TIME) і без обліку «нульових» входів (AVE.(–0)).

Якщо в операторі START заданий вивід у звіт списків поточних і майбутніх подій, то звіт містить у собі також відомості про транзактах, що перебували в момент завершення моделювання в цих списках. Відомості про транзакти розміщуються у звіті відповідно до розміщення транзактів у кожному списку.

Інформація про СПП містить у собі для кожного транзакта його номер (XACT_NUMBER), пріоритет (PRI), резидентний час транзакта (M1), номер поточного блоку (CURRENT), номер наступного блоку (NEXT), а також пе-

релік всіх параметрів транзакта у форматі: «параметр» (PARAMETER), «значення» (VALUE).

Інформація про СМП включає для кожного транзакта ті ж дані, однак замість резидентного часу транзакта (M1) виводиться запланований час виходу транзакта зі списку (BDT).

Безумовно, відомості про об'єкти того або іншого типу з'являються у звіті тільки в тому випадку, якщо в моделі присутня хоча б один об'єкт даного типу. Крім того, включенням у звіт відомостей про об'єкти різних типів можна управляти за допомогою так названого настановного файлу SETTINGS.GPS. У звітах про прогін моделей, які містять у собі не об'єкти, що розглядалися тут, GPSS / W (таблиці, списки користувача, логічні перемикачі, матриці тощо), з'являється відповідна інформація й про ці об'єкти.

Звіт виводиться на екран посторінково. Для виводу чергової сторінки необхідно натиснути клавішу Пробіл, для припинення виводу звіту – клавішу Esc. По закінченні виводу звіту на екрані з'являється повідомлення:

[SPACE] for another report Any other key to end.

Для створення звіту на іншому пристрої або іншому звіті треба натиснути клавішу Пробіл, для виходу із програми GPSSREPT – будь-яку іншу клавішу.

Рядок заголовка стандартного звіту містить ім'я файлу моделі, що створив звіт. Також у неї включена дата й час прогону моделі.

3.3 Загальна інформація про результати роботи моделі

START_TIME – початковий час. Абсолютний модельний час у момент початку моделювання. Установлюється рівним абсолютного модельного часу за допомогою оператора REST або CLEAR;

END_TIME – кінцевий час. Абсолютний модельний час, коли лічильник завершення приймає значення 0.

BLOCKS – кількість блоків, використаних у поточній моделі, до моменту завершення моделювання;

FACILITIES – кількість пристроїв, використаних у моделі, до моменту завершення моделювання;

STORAGES – кількість багатоканальних пристроїв, використаних у поточній моделі до моменту завершення моделювання;

FREE_MEMORY – обсяг пам'яті, що залишалася вільною при прогоні моделі.

3.4 Інформація про блоки

LINE – номер рядка вихідної програми для кожного блоку;

LOC – ім'я або номер даного блоку в моделі;

BLOCK_TYPE – тип блоку GPSS;

ENTRY_COUNT – кількість транзактів, що ввійшли в даний блок, з початку роботи програми або після останнього виконання оператора RESET або CLEAR;

CURRENT_COUNT – кількість транзактів, що перебувають у даному блоці до моменту завершення моделювання;

RETRY – кількість транзактів, що очікують спеціальної умови, що залежить від стану даного блоку.

3.5 Інформація про об'єкти типу «пристрій»

FACILITY – ім'я або номер пристрою;

ENTRIES – кількість разів, коли пристрій був зайнятий або зайняте з перериванням з початку моделювання або після останнього виконання оператора RESET або CLEAR;

UTIL. – коефіцієнт використання, частка часу моделювання, протягом якого пристрій був зайнятий;

AVE._TIME – середній час заняття пристрою одним транзактом протягом часу моделювання з початку моделювання або після виконання оператора RESET або CLEAR;

AVAILABLE – стан пристрою наприкінці моделювання (дорівнює 1, якщо пристрій доступно й 0 – якщо недоступно);

OWNER – номер транзакта, що займає пристрій (0 – пристрій не зайнятий);

PEND – кількість транзактів, що очікують виконання з перериванням інших транзактів (тобто ввійшли в блоки PREEMPT у режимі переривання);

INTER – кількість транзактів, перерваних на даний момент (кількість транзактів у списку переривань);

RETRY – кількість транзактів, що очікують виконання спеціальної умови, що залежить від стану даного пристрою;

DELAY – кількість транзактов, що очікує заняття пристроєм (входять також транзакти, що очікують заняття пристроєм в режимі переривання за допомогою блоків PREEMPT).

3.6 Інформація про групи транзактів

XACT_GROUP – ім'я або номер об'єкта групи транзактов;

GROUP_SIZE – число транзактов у групі наприкінці моделювання;

RETRY – число транзактов, що очікує виконання спеціальної умови, що залежить від стану даної групи транзактов.

GPSS World є найбільш сучасною реалізацією мови GPSS, доповненої допоміжною мовою PLUS. GPSS World містить у собі 53 типу блоків й 25 команд, велика кількість системних числових атрибутів. Крім того, 12 типів операторів становлять мову PLUS – Programming Language Under Simulation. Ефективність PLUS багато в чому забезпечується великою бібліотекою процедур.

GPSS World є об'єктно-орієнтованою мовою. У сукупність її об'єктів входять об'єкти: «Модель», «Процес моделювання», «Звіт» і текстові об'єкти.

Об'єкт «Модель» – головним чином містять оператори моделі, а також набір убудованих налаштувань. Крім того, містить у собі закладки й циркулярний список синтаксичних помилок.

Об'єкт «Процес моделювання» створюються при трансляції операторів об'єкта «Модель». Після цього для зміни його стану застосовуються команди. Ці команди можуть входити в об'єкт «Модель» або передаватися об'єкту «Процес моделювання» в інтерактивному режимі.

Об'єкт «Звіт». Однієї з найдужчих сторін GPSS завжди були стандартні звіти. Власне кажучи без зусиль із боку розроблювача моделі по завершенню моделювання автоматично створюється звіт про всі об'єкти GPSS, що втримуються в моделі.

Текстовий об'єкт – це спосіб подання звичайного текстового файлу в GPSS World. В основному вони використовуються разом з командами INCLUDE для підключення деякого набору операторів, використовуваного в різних моделях. Крім того, закріпивши команду INCLUDE за гарячою клавішею, можна інтерактивно передавати об'єкту «Процес моделювання» цілі списки керуючих команд.

У мові GPSS була зроблена велика кількість змін. А саме:

- а) нові команди, блоки й СЧА;
- б) поліморфні типи даних;
- в) відсутність нумерації рядків;
- г) багатомірні матриці (до 6 вимірів);
- д) відсутність автоматичного округлення проміжних результатів;
- е) допоміжна мова PLUS;
- ж) процедура дисперсійного аналізу ANOVA.

3.7 Поліморфні типи даних

Змінні можуть приймати значення одного із чотирьох типів. Осередку, елементи матриць, параметри транзактов і змінні користувача можуть приймати цілочисельне, речовинне, строкове й невизначене значення. Значення часу можуть бути цілими й речовинними. Перетворення типів відбувається автоматично. Для роботи зі строковими значеннями в бібліотеці процедур присутня ряд спеціальних функцій. Невизначені значення використовуються при проведенні дисперсійного аналізу.

Нові команди:

CONDUCT – виконання експериментів;

EXIT – вихід з GPSS World з можливістю збереження;

INTEGRATE – автоматичне обчислення інтеграла для змінної користувача;

INCLUDE – підключення до моделі додаткових файлів.

Нові блоки:

ADOPT – зміна номера сімейства;

DISPLACE – переміщення транзакта;

INTEGRATION – включення/вимикання інтегрування змінної;

PLUS – обчислення PLUS-вираження;

OPEN, CLOSE, READ, WRITE, SEEK – блоки керування потоками даних.

3.8 Аналіз мови PLUS

Мова PLUS є убудованою у GPSS World мовою програмування й призначена для задоволення потреб користувачів у керуванні даними, особливих обчислювальних алгоритмах й інших операціях, які не можуть бути забезпечені засобами операторів і команд GPSS.

Новий блок PLUS дозволяє викликати PLUS-процедуру, що виконується як будь-який інший блок GPSS. Це дозволяє створювати власні блоки з дуже складною структурою. Крім того, вираження, записані за допомогою синтаксису мови PLUS (так називані PLUS-вираження) можуть використатися в якості операндів блоків і команд. Вирази можуть містити виклики убудованих процедур або процедур користувача.

3.8.1 Розгляд операторів

EXPERIMENT – цей оператор призначений для визначення спеціальної процедури користувача, що управляє декількома повторюваними процесами моделювання. Інакше кажучи, оператор EXPERIMENT застосовується для проведення експериментів. Експериментам присвячений окремий розділ моєї доповіді.

PROCEDURE – оператор PROCEDURE використовується для визначення процедур користувача. Процедури мають глобальну область дії, тобто можуть викликатися в будь-якому місці моделі.

TEMPORARY – це оператор, призначений для створення тимчасових змінних користувача й матриць, що існують тільки під час виконання процедури. По завершенні роботи процедури всі тимчасові змінні й матриці знищуються.

3.8.2 Убудована бібліотека процедур

GPSS World містить більшу убудовану бібліотеку PLUS-процедур, які забезпечують роботу з потоками даних, різні маніпуляції з рядками, математичні операції й дозволяють задавати імовірнісні розподіли.

У бібліотеку процедур GPSS World входять:

- а) службові процедури (DoCommand, ANOVA, Exit);
- б) математичні процедури;
- в) процедури запиту стану транзактов;
- г) процедури обробки рядків;
- д) процедури керування потоками даних;
- е) процедури динамічного виклику;
- ж) імовірнісні розподіли.

3.8.3 Проведення експериментів і дисперсійний аналіз

Концептуально GPSS World забезпечує проведення експериментів 3 типів:

- а) експерименти, що відсівають – використовуються для визначення найбільш важливих факторів, що впливають на систему, моделюється;
- б) оптимізуючі експерименти – дозволяють визначити оптимальні рівні факторів;
- в) експерименти користувача – експерименти над моделлю, програмувальні користувачем.

Для швидкого завдання й проведення експериментів, що відсівають й оптимізують GPSS World надає автоматичні генератори цих експериментів. Вони дозволяють швидко визначити умови проведення експерименту за допомогою діалогових вікон.

Завершальний крок будь-якого експерименту – це, як правило, аналіз результатів. При використанні процедури дисперсійного аналізу ANOVA більша частина роботи виконується без участі користувача.

Вона дозволяє здійснювати багатфакторний дисперсійний аналіз, що розглядає до 6 факторів добутку всіх основних факторів.

GPSS World має багато відмінностей. GPSS World ґрунтується на ідеї, що текстовий об'єкт «Модель» створюється й / або модифікується, а потім транслюється з метою створення об'єкта «Процес моделювання». Цим він відрізняється від GPSS/W, у якому використовуються поняття файлу програми й процесу моделювання.

На справді, GPSS World використає всі переваги ОС Windows і цим вигідно відрізняється від GPSS/W. Особливо це стосується налагодження моделі, виявлення й виправлення помилок, тому що GPSS World являє собою повноекранний текстовий редактор. Крім того, GPSS World являє собою транслятор моделей, тому виконання процесу моделювання відбувається значно швидше.

3.8.4 Сумісність із GPSS / W

Інші відмінності GPSS World:

- а) об'єктно-орієнтована архітектура;
- б) відсутність нумерації рядків;
- в) речовинні значення модельного часу;

г) значення системних числових атрибутів (СЧА), залежно від конкретного типу можуть бути цілого, речовинного або символьного типу;

д) відсутність округлення проміжних результатів;

е) PLUS-оператори можуть містити в собі будь-яка кількість текстових рядків.

ж) хоча оператори GPSS, крім списків дані функції, повинні перебувати на одному текстовому рядку, максимальна довжина якої тепер становить 250 символів;

и) математичні вираження, укладені в дужки, можуть тепер використатися практично скрізь, де використовуються СЧА;

к) уведено новий системний числовий атрибут A1, що повертає номер сімейства активного транзакта;

л) блок HELP більше не використовується й замінений блоком PLUS, що підтримує вкладення в модель закінчених процедур, а також блоками потоків даних, які підтримують зв'язок із зовнішніми файлами й програмами;

м) керуючі оператори MICROWINDOW, EVENTS, GROUPS, WINDOW, USERCHAINS були замінені відповідними графічними вікнами.

GPSS World сполучимо з GPSS / W і звичайно видає результати, які статистично не відрізняються від результатів, видаваних GPSS / W. Цього можна домогтися, зробивши ряд невеликих змін у моделі.

Крім того, в GPSS World існує спеціальний режим, називаний режимом сумісності з GPSS / W. Незважаючи на всі відмінності GPSS World від GPSS / W у режимі сумісності більшість моделей GPSS/W з невеликими змінами можуть давати ідентичні результати при виконанні під керуванням GPSS World. Методика виконання моделей GPSS/W в GPSS World докладно описується в «Керівництві користувача по GPSS World».

Таким чином, GPSS World надає більше широкі можливості при повній сумісності зі своїм попередником.

Після відпрацювання імітаційної моделі ДП «Одеський Морський Торговельний Порт» виводиться звіт по роботі імітаційної моделі.

4 АНАЛІЗ РОЗРАХОВАНИХ ДАНИХ

Звіт починається з блоку, який описує характеристики часу відпрацювання моделі:

GPSS World Simulation Report – Ships.685.1

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	8760.000	92	0	6

У цьому блоку звіту приводяться данні по відпрацюванні імітаційної моделі.

START TIME – час початку моделювання, приймається рівним 0.000.

END TIME – час закінчення моделювання, визначається заданим модельним часом у блоку GENERATE.

BLOCKS – загальна кількість блоків, використаних у програмі.

ACILITIES – кількість одноканальних пристроїв.

STORAGES – кількість багатоканальних пристроїв.

За блоком загальних даних по відпрацюванні моделі слідує блок з детальним описом відпрацювання усіх блоків.

LOC – номер блока, визначений системою;

BLOCK TYPE – назва блока;

ENTRY COUNT – кількість транзактів, пройдених крізь блок за час моделювання;

CURRENT COUNT – кількість транзактів, затриманих в блоку на момент кінця моделювання;

RETRY – кількість транзактів, триваючих спеціальних умов для проходження крізь даний блок;

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
-------	-----	------------	-------------	---------------	-------

Вхід транзакту у чергу AWORK – черга пасажирських човнів у порт.

AWORK	1	QUEUE	13	0	0
-------	---	-------	----	---	---

Вхід транзакту в умовний оператор GATE, якщо умова SNF проходить, то транзакт попадає у наступний блок, якщо ні, транзакт попадає у блок ADVANCE під номером 23 – WAITAB.

POVTORA	2	GATE	13	0	0
---------	---	------	----	---	---

Після проходження умови у операторі GATE транзакт проходить у блок ENTER і входить у багатоканальний пристрій.

Кількість 13 показує скільки транзактів пройшли крізь блоки та умовні оператори.

У блоку GANERATE під номером 85, відбувається генерація транзактів. У звіті показано, що було згенеровано 13 транзактів, тобто усі транзакти пройшли за своєю чергою без затримок у умовному операторі GATE і зайняли багатоканальний пристрій STORAGE, за допомогою блоку ENTER.

3	ENTER	13	0	0
---	-------	----	---	---

Звільнення черги AWORK за допомогою блоку DEPART. Число 13 показує, що всі 13 транзактів пройшли крізь блок DEPART.

4	DEPART	13	0	0
---	--------	----	---	---

Вхід транзакту у чергу на зайняття багатоканального пристрою, що являє собою буксири, які обслуговують човни.

5	QUEUE	13	0	0
---	-------	----	---	---

Блок GATE перевіряє умову на зайняття транзактом буксирів. Крізь цей блок пройшли усі транзакти.

6	GATE	13	0	0
---	------	----	---	---

Транзакт входить у блок зайняття багатоканального пристрою, що являє собою буксири.

7	ENTER	13	0	0
---	-------	----	---	---

Після займання багатоканального пристрою, транзакт уходить з черги на буксири.

8 DEPART 13 0 0

Транзакт входить на обслуговування буксирів, завдяки блоку ADVANCE.

9 ADVANCE 13 0 0

Після обслуговування транзакт уходить з пристрою буксирів.

10 LEAVE 13 0 0

Після обслуговування транзакту буксирами, він встає на обслуговування на причалі.

11 ADVANCE 13 1 0

Після виходу транзакту з причалу, транзакт встає у чергу на буксування. Число 12 показує, що на закінчення циклу роботи імітаційної моделі, один транзакт ще знаходиться на обслуговуванні у причалі.

12 QUEUE 12 0 0

Щоб увійти у блок ENTER для займання пристрою буксирів, транзакту знову потрібно пройти умовний блок GATE.

WTUGAS 13 GATE 12 0 0

Після проходження умови, транзакт займає буксири.

14 ENTER 12 0 0

Після того, як транзакт зайняв буксири, він звільняє чергу на буксування.

15 DEPART 12 0 0

Далі транзакт попадає у блок ADVANCE, де він обслуговується буксирами.

16	ADVANCE	12	0	0
----	---------	----	---	---

Після обслуговування буксирами, транзакт звільняє пристрій буксирів та пристрій причалів.

17	LEAVE	12	0	0
18	LEAVE	12	0	0

Після звільнення транзактом багатоканальних пристроїв, відбувається запис у форматовану таблицю причалів та таблиці буксирів.

19	TABULATE	12	0	0
20	TABULATE	12	0	0
21	TABULATE	12	0	0

У блоку TERMINATE транзакт залишає імітаційну модель. Як видно з показнику 12 – один транзакт залишився у моделі на час закінчення роботи моделі.

22	TERMINATE	12	0	0
----	-----------	----	---	---

Блоки WAITAB, TUGAF та TUGAS показують скільки транзактів не пройшли умовний блок GATE.

WAITAB	23	ADVANCE	0	0	0
	24	TRANSFER	0	0	0
TUGAF	25	ADVANCE	0	0	0
	26	TRANSFER	0	0	0
TUGAS	27	ADVANCE	0	0	0
	28	TRANSFER	0	0	0

Вхід транзакту у чергу BWORK – черга вантажних човнів у порт.

BWORK	29	QUEUE	24	0	0
-------	----	-------	----	---	---

Вхід транзакту в умовний оператор GATE, якщо умова SNF проходить, то транзакт попадає у наступний блок, якщо ні, транзакт попадає у блок ADVANCE під номером 51 – WAITBB.

POVTORB	30	GATE	24	0	0
---------	----	------	----	---	---

Після проходження умови у операторі GATE транзакт проходить у блок ENTER і входить у багатоканальний пристрій.

Кількість 13 показує скільки транзактів пройшли крізь блоки та умовні оператори.

У блоку BRRT – GANERATE під номером 87, відбувається генерація транзактів. У звіті показано, що було згенеровано 24 транзактів, тобто усі транзакти пройшли за своєю чергою без затримок у умовному операторі GATE і зайняли багатоканальний пристрій STORAGE, за допомогою блоку ENTER.

31	ENTER	24	0	0
----	-------	----	---	---

Звільнення черги BWORK за допомогою блоку DEPART. Число 24 показує, що всі 24 транзакта пройшли крізь блок DEPART.

32	DEPART	24	0	0
----	--------	----	---	---

Вхід транзакту у чергу на зайняття багатоканального пристрою, що являє собою буксири, які обслуговують човни.

33	QUEUE	24	0	0
----	-------	----	---	---

Блок GATE перевіряє умову на зайняття транзактом буксирів. Крізь цей блок пройшли усі транзакти.

WTUGBF	34	GATE	24	0	0
--------	----	------	----	---	---

Транзакт входить у блок зайняття багатоканального пристрою, що являє собою буксири.

35	ENTER	24	0	0
----	-------	----	---	---

Після займання багатоканального пристрою, транзакт уходить з черги на буксири.

36 DEPART 24 0 0

Транзакт входить на обслуговування буксирів, завдяки блоку ADVANCE.

37 ADVANCE 24 0 0

Після обслуговування транзакт уходить з пристрою буксирів.

38 LEAVE 24 0 0

Після обслуговування транзакту буксирами, він встає на обслуговування на причалі.

39 ADVANCE 24 1 0

Після виходу транзакту з причалу, транзакт встає у чергу на буксування. Число 23 показує, що на закінчення циклу роботи імітаційної моделі, один транзакт ще знаходиться на обслуговуванні у причалі.

40 QUEUE 23 0 0

Щоб увійти у блок ENTER для займання пристрою буксирів, транзакту знову потрібно пройти умовний блок GATE.

WTUGBS 41 GATE 23 0 0

Після проходження умови, транзакт займає буксири.

42 ENTER 23 0 0

Після того, як транзакт зайняв буксири, він звільняє чергу на буксування.

43	DEPART	23	0	0
----	--------	----	---	---

Далі транзакт попадає у блок ADVANCE, де він обслуговується буксирами.

44	ADVANCE	23	0	0
----	---------	----	---	---

Після обслуговування буксирами, транзакт звільняє пристрій буксирів та пристрій причалів.

45	LEAVE	23	0	0
----	-------	----	---	---

46	LEAVE	23	0	0
----	-------	----	---	---

Після звільнення транзактом багатоканальних пристроїв, відбувається запис у форматovanу таблицю причалів та таблицю буксирів.

47	TABULATE	23	0	0
----	----------	----	---	---

48	TABULATE	23	0	0
----	----------	----	---	---

49	TABULATE	23	0	0
----	----------	----	---	---

У блоку TERMINATE транзакт залишає імітаційну модель. Як видно з показнику 23 – один транзакт залишився у моделі на час закінчення роботи моделі.

50	TERMINATE	23	0	0
----	-----------	----	---	---

Блоки WAITAB, TUGBF та TUGBS показують скільки транзактів не пройшли умовний блок GATE.

WAITBB	51	ADVANCE	0	0	0
--------	----	---------	---	---	---

	52	TRANSFER	0	0	0
--	----	----------	---	---	---

TUGBF	53	ADVANCE	0	0	0
-------	----	---------	---	---	---

	54	TRANSFER	0	0	0
--	----	----------	---	---	---

TUGBS	55	ADVANCE	0	0	0
-------	----	---------	---	---	---

	56	TRANSFER	0	0	0
--	----	----------	---	---	---

Вхід транзакту у чергу BWORK – черга човнів воєнного типу та інших типів у порт.

CWORK 57 QUEUE 65 0 0

Вхід транзакту в умовний оператор GATE, якщо умова SNF проходить, то транзакт попадає у наступний блок, якщо ні, транзакт попадає у блок ADVANCE під номером 79 – WAITCB.

POVTRC 58 GATE 65 0 0

Після проходження умови у операторі GATE транзакт проходить у блок ENTER і входить у багатоканальний пристрій.

Кількість 65 показує скільки транзактів пройшли крізь блоки та умовні оператори.

У блоку CRRT – GANERATE під номером 89, відбувається генерація транзактів. У звіті показано, що було згенеровано 65 транзактів, тобто усі транзакти пройшли за своєю чергою без затрімок у умовному операторі GATE і зайняли багатоканальний пристрій STORAGE, за допомогою блоку ENTER.

59 ENTER 65 0 0

Звільнення черги CWORK за допомогою блоку DEPART. Число 65 показує, що всі 65 транзакта пройшли крізь блок DEPART.

60 DEPART 65 0 0

Вхід транзакту у чергу на зайняття багатоканального пристрою, що являє собою буксири, які обслуговують човни.

61 QUEUE 65 0 0

Блок GATE перевіряє умову на зайняття транзактом буксирів. Крізь цей блок пройшли усі транзакти.

WTUGCF 62 GATE 65 0 0

Транзакт входить у блок зайняття багатоканального пристрою, що являє собою буксири.

63 ENTER 65 0 0

Після займання багатоканального пристрою, транзакт уходить з черги на буксири.

64 DEPART 65 0 0

Транзакт входить на обслуговування буксирів, завдяки блоку ADVANCE.

65 ADVANCE 65 0 0

Після обслуговування транзакт уходить з пристрою буксирів.

66 LEAVE 65 0 0

Після обслуговування транзакту буксирами, він встає на обслуговування на причалі.

67 ADVANCE 65 0 0

Після виходу транзакту з причалу, транзакт встає у чергу на буксування. Число 65 показує, що на закінчення циклу роботи імітаційної моделі, жоден транзакт не знаходиться на обслуговуванні у причалі.

68 QUEUE 65 0 0

Щоб увійти у блок ENTER для займання пристрою буксирів, транзакту знову потрібно пройти умовний блок GATE.

WTUGCS 69 GATE 65 0 0

Після проходження умови, транзакт займає буксири.

70	ENTER	65	0	0
----	-------	----	---	---

Після того, як транзакт зайняв буксири, він звільняє чергу на буксування.

71	DEPART	65	0	0
----	--------	----	---	---

Далі транзакт попадає у блок ADVANCE, де він обслуговується буксирами.

72	ADVANCE	65	0	0
----	---------	----	---	---

Після обслуговування буксирами, транзакт звільняє пристрій буксирів та пристрій причалів.

73	LEAVE	65	0	0
74	LEAVE	65	0	0

Після звільнення транзактом багатоканальних пристроїв, відбувається запис у форматovanу таблицю причалів та таблицю буксирів.

75	TABULATE	65	0	0
76	TABULATE	65	0	0
77	TABULATE	65	0	0

У блоку TERMINATE транзакт залишає імітаційну модель. Як видно з показнику 65 – що показує, що всі човни залишили імітаційну модель.

78	TERMINATE	65	0	0
----	-----------	----	---	---

Блоки WAITAB, TUGBF та TUGBS показують скільки транзактів не пройшли умовний блок GATE.

WAITCB	79	ADVANCE	0	0	0
	80	TRANSFER	0	0	0
WTUGCF	81	ADVANCE	0	0	0
	82	TRANSFER	0	0	0

WTUGCS	83	ADVANCE	0	0	0
	84	TRANSFER	0	0	0

Блок ARRT – GENERATE показує скільки транзактів – пасажирських човнів було згенеровано.

ARRT	85	GENERATE	13	0	0
------	----	----------	----	---	---

Блок TRANSFER виконує перехід транзактів у імітаційну модель для обслуговування.

	86	TRANSFER	13	0	0
--	----	----------	----	---	---

Блок BRRT – GENERATE показує скільки транзактів – вантажних човнів було згенеровано.

BRRT	87	GENERATE	24	0	0
------	----	----------	----	---	---

Блок TRANSFER виконує перехід транзактів у імітаційну модель для обслуговування.

	88	TRANSFER	24	0	0
--	----	----------	----	---	---

Блок CRRT – GENERATE показує скільки транзактів – вантажних човнів було згенеровано.

CRRT	89	GENERATE	65	0	0
------	----	----------	----	---	---

Блок TRANSFER виконує перехід транзактів у імітаційну модель для обслуговування.

	90	TRANSFER	65	0	0
--	----	----------	----	---	---

Це загальний блок GENERATE для усіх імітаційної моделі. Він показує скільки раз було сгенеровано запуск імітаційної моделі.

	91	GENERATE	1	0	0
--	----	----------	---	---	---

Після відпрацювання імітаційної моделі, вона закінчує свою роботу блоком TERMINATE.

```
92  TERMINATE      1      0      0
```

Наступні блоки показують інформацію щодо використання черг у імітаційної моделі.

```
QUEUE MAX CONT. ENTRY ENTRY(0) AVE.CONT. AVE.TIME  AVE.(–0)
RETRY
```

QUEUE – ім'я черги;

MAX – максимальна довжина черги;

CONT . – поточна довжина черги;

ENTRY – загальна кількість входів;

ENTRY (0) – кількість «нулевих» входів;

AVE . CONT . – середня довжина черги;

AVE . TIME – середній час перебування транзактів у черзі;

AVE .(–0) – середній час перебування без обліку «нулевих» входів;

RETRY – кількість транзактів, що чекають спеціальних умов.

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу у порт.

```
CBERTH  1  0  65  65  0.000  0.000  0.000
```

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу на буксування у порт.

```
CINTUGS 1  0  65  65  0.000  0.000  0.000  0
```

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу на буксування з порту.

```
COUTTUGS      1  0  65  65  0.000  0.000  0.000  0
```

Черга вантажних човнів у порт.

```
BBERTH          1  0  24  24  0.000  0.000  0.000  0
```

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу на буксування у порт.

```
BINTUGS          1  0  24  24  0.000  0.000  0.000  0
```


Черга пасажирських човнів у порт.

ABERTH	1	0	13	13	0.000	0.000	0.000	0
--------	---	---	----	----	-------	-------	-------	---

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу на буксування у порт.

AINTUGS	1	0	13	13	0.000	0.000	0.000	0
---------	---	---	----	----	-------	-------	-------	---

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу на буксування з порту.

BOUTTUGS	1	0	23	23	0.000	0.000	0.000	0
----------	---	---	----	----	-------	-------	-------	---

Черга воєнних човнів та човнів іншого типу на буксування з порту.

AOUTTUGS	1	0	12	12	0.000	0.000	0.000	0
----------	---	---	----	----	-------	-------	-------	---

Статистична інформація, яку зібрали блоки пам'яті (STORAGE)

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									

STORAGE – ім'я або номер багатоканального пристрою (БКП);

CAP. – ємність БКП;

REM. – кількість одиниць вільної ємності БКП у кінці періоду моделювання;

MIN. – мінімальна кількість використовуваної ємності БКП за період моделювання;

MAX. – максимальна кількість використовуваної ємності БКП за період моделювання;

ENTRIES – кількість входів в БКП;

AVL. – стан готовності БКП у кінці періода моделювання (1 – готово, 0 – не готово);

AVE. C. – середнє значення зайнятої ємності за період моделювання;

UTIL. – середній коефіцієнт використання усіх пристроїв БКП;

RETRY – кількість транзактів, чекаючи спеціальні умови, залежні від стану МКП;

DELAY – кількість транзактів, чекаючи можливості входу у блок ENTER.

БКП пасажирських човнів – причали.

ABERTHS	5	4	0	2	13	1	1.053	0.211	0	0
---------	---	---	---	---	----	---	-------	-------	---	---

БКП вантажних човнів – причали.

BBERTHS 8 7 0 2 24 1 0.642 0.080 0 0

БКП воєнних човнів та човнів іншого типу – причали.

CBERTHS 12 12 0 3 65 1 1.041 0.087 0 0

БКП буксирів обслуговуючих пасажирські човни.

ATUGBOATS 2 2 0 1 25 1 0.006 0.003 0 0

БКП буксирів обслуговуючих вантажні човни.

BTUGBOATS 2 2 0 1 47 1 0.005 0.003 0 0

БКП буксирів обслуговуючих воєнні човни та човни іншого типу.

CTUGBOATS 2 2 0 1 130 1 0.007 0.004 0 0

Статистичні данні по таблицям

TABLE MEAN STD.DEV. RANGE RETRY FREQUENCY
CUM.%

TABLE – ім'я або номер таблиці;

MEAN – середнє значення;

STD.DEV. – середнє квадратичне відхилення виміряного значення;

RANGE – межі інтервалів;

RETRY – чекають умов;

FREQUENCY – кількість влучень;

CUM.% – накопичення частотність.

Таблиця пасажирських човнів, яка описує показники БКП ABERTHS з використанням СЧА SR – коефіцієнт використання.

ABER	192.656	22.562		0
	132.000 –	144.000	1	8.33
	144.000 –	156.000	0	8.33
	156.000 –	168.000	1	16.67
	168.000 –	180.000	0	16.67
	180.000 –	192.000	1	25.00

192.000 –	204.000	4	58.33
204.000 –	216.000	5	100.00

Таблиця пасажирських човнів, яка описує показники БКП ABERTHS з використанням СЧА ST – середній час використання одиниці пам'яті.

ABER2	666.136	58.635		0
	540.000 –	564.000	1	8.33
	564.000 –	588.000	0	8.33
	588.000 –	612.000	1	16.67
	612.000 –	636.000	2	33.33
	636.000 –	660.000	1	41.67
	660.000 –	684.000	3	66.67
	684.000 –	708.000	2	83.33
	708.000 –	732.000	0	83.33
	732.000 –	756.000	2	100.00

Таблиця вантажних човнів, яка описує показники БКП BVERTHS з використанням СЧА SR – коефіцієнт використання.

BVER	78.631	10.118		0
	50.000 –	55.000	1	4.35
	55.000 –	60.000	1	8.70
	60.000 –	65.000	2	17.39
	65.000 –	70.000	0	17.39
	70.000 –	75.000	1	21.74
	75.000 –	80.000	6	47.83
	80.000 –	85.000	5	69.57
	85.000 –	90.000	7	100.00

Таблиця пасажирських човнів, яка описує показники БКП BVERTHS з використанням СЧА ST – середній час використання одиниці пам'яті.

BBER2	236.123	15.853		0
	185.000 –	195.000	1	4.35
	195.000 –	205.000	0	4.35
	205.000 –	215.000	0	4.35

215.000 –	225.000	2	13.04
225.000 –	235.000	4	30.43
235.000 –	245.000	13	86.96
245.000 –	255.000	1	91.30
255.000 –	265.000	1	95.65
265.000 –		1	100.00

Таблиця вантажних човнів, яка описує показники БКП СВЕРТНС з використанням СЧА SR – коефіцієнт використання.

СВЕР	74.546	16.604		0
30.000 –	35.000	3	4.62	
35.000 –	40.000	0	4.62	
40.000 –	45.000	2	7.69	
45.000 –	50.000	2	10.77	
50.000 –	55.000	3	15.38	
55.000 –	60.000	2	18.46	
60.000 –	65.000	6	27.69	
65.000 –	70.000	3	32.31	
70.000 –	75.000	3	36.92	
75.000 –	80.000	11	53.85	
80.000 –	85.000	5	61.54	
85.000 –	90.000	14	83.08	
90.000 –	95.000	11	100.00	

Таблиця пасажирських човнів, яка описує показники БКП СВЕРТНС з використанням СЧА ST – середній час використання одиниці пам'яті.

СВЕР2	136.487	5.142		0
113.000 –	116.000	1	1.54	
116.000 –	119.000	0	1.54	
119.000 –	122.000	1	3.08	
122.000 –	125.000	1	4.62	
125.000 –	128.000	1	6.15	
128.000 –	131.000	3	10.77	
131.000 –	134.000	7	21.54	
134.000 –	137.000	11	38.46	
137.000 –	140.000	27	80.00	

140.000 – 143.000 13 100.00

Таблиця вантажних човнів, яка описує показники БКП ATUGBOATS з використанням СЧА SR – коефіцієнт використання.

ATUGS	2.659	0.371		0
	1.600 –	1.800	1	8.33
	1.800 –	2.000	0	8.33
	2.000 –	2.200	0	8.33
	2.200 –	2.400	1	16.67
	2.400 –	2.600	1	25.00
	2.600 –	2.800	3	50.00
	2.800 –	3.000	6	100.00

Таблиця вантажних човнів, яка описує показники БКП BTUGBOATS з використанням СЧА SR – коефіцієнт використання.

BTUGS	2.539	0.390		0
	1.500 –	1.700	1	4.35
	1.700 –	1.900	2	13.04
	1.900 –	2.100	1	17.39
	2.100 –	2.300	1	21.74
	2.300 –	2.500	1	26.09
	2.500 –	2.700	6	52.17
	2.700 –	2.900	10	95.65
	2.900 –	3.100	1	100.00

Таблиця вантажних човнів, яка описує показники БКП CTUGBOATS з використанням СЧА SR – коефіцієнт використання.

CTUGS	3.251	0.693		0
	1.300 –	1.500	1	1.54
	1.500 –	1.700	2	4.62
	1.700 –	1.900	1	6.15
	1.900 –	2.100	2	9.23
	2.100 –	2.300	1	10.77
	2.300 –	2.500	3	15.38

2.500 –	2.700	3	20.00
2.700 –	2.900	4	26.15
2.900 –	3.100	4	32.31
3.100 –	3.300	7	43.08
3.300 –	3.500	8	55.38
3.500 –	3.700	5	63.08
3.700 –	3.900	14	84.62
3.900 –	4.100	10	100.00

Інформація про список майбутніх подій FEC (Future Events Chain):

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
-----	----	-----	-----	-------	---------	------	-----------	-------

XN – номер транзакта;

PRI – пріоритет транзакта;

BDT – таблиця модельних подій – абсолютна модельне час виходу транзакта зі списку майбутніх подій і переходу транзакта в список поточних подій;

ASSEM – номер сімейства транзактов;

CURRENT – номер блоку в якому знаходиться транзакт (0 – якщо транзакт не увійшов в модель);

NEXT – номер блоку в який перейде транзакт далі;

PARAMETER – номер або ім'я параметра транзакта;

VALUE – значення параметра.

106	0	8817.750	106	0	87
105	0	8831.300	105	39	40
103	0	8861.459	103	0	89
104	0	8949.562	104	0	85
96	0	9139.396	96	11	12
107	0	17520.000	107	0	91

Крім звіту у вигляді таблиць GPSS дозволяє виводити звіт у вигляді гістограм, які створюються за допомогою таблиць.

Щоб вивести потрібну гістограму треба вибрати пункт меню Window (рис. 4.1), потім Simulation Window та Table Window (рис. 4.2). У вікні (рис. 4.3) обрати потрібну гістограму.

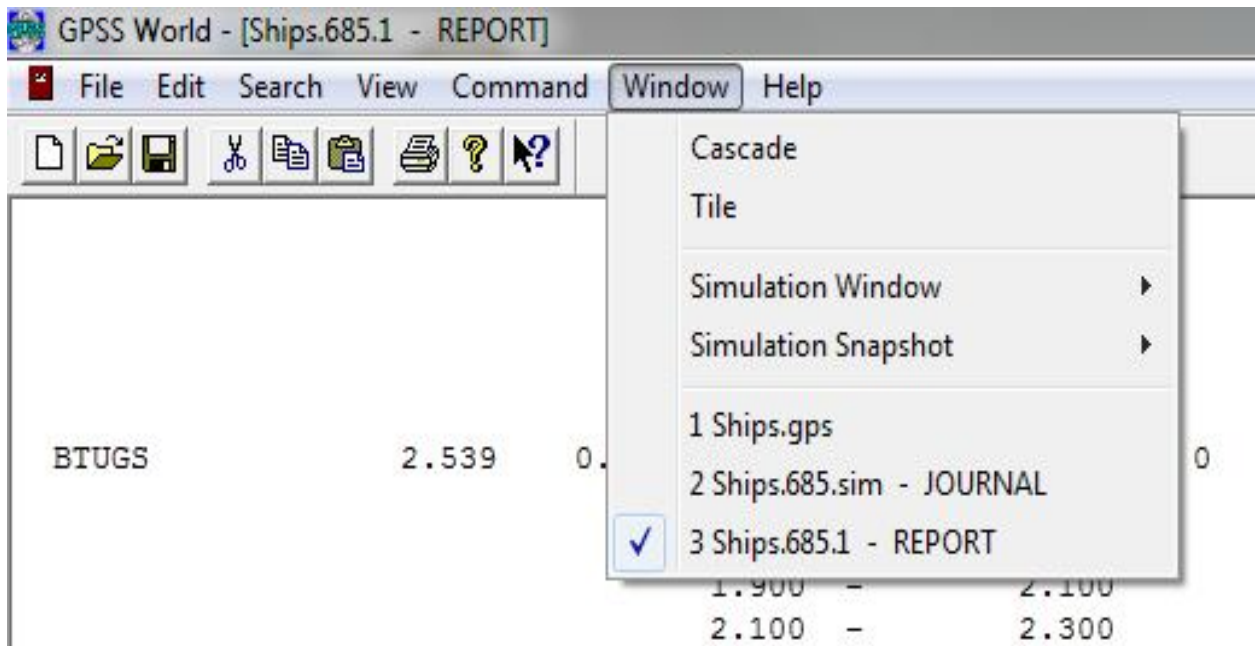


Рисунок 4.1 – Завдання запиту на формування гістограм

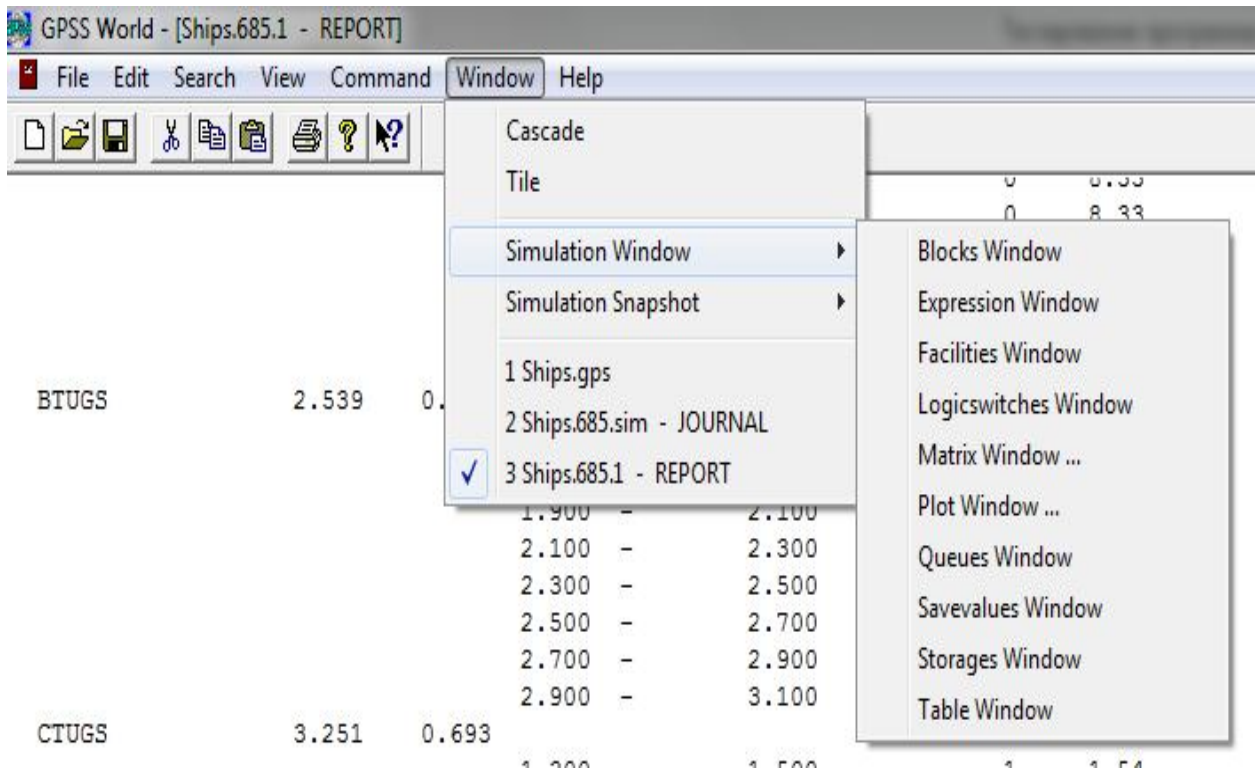


Рисунок 4.2 – Обрання вікна вибору гістограми

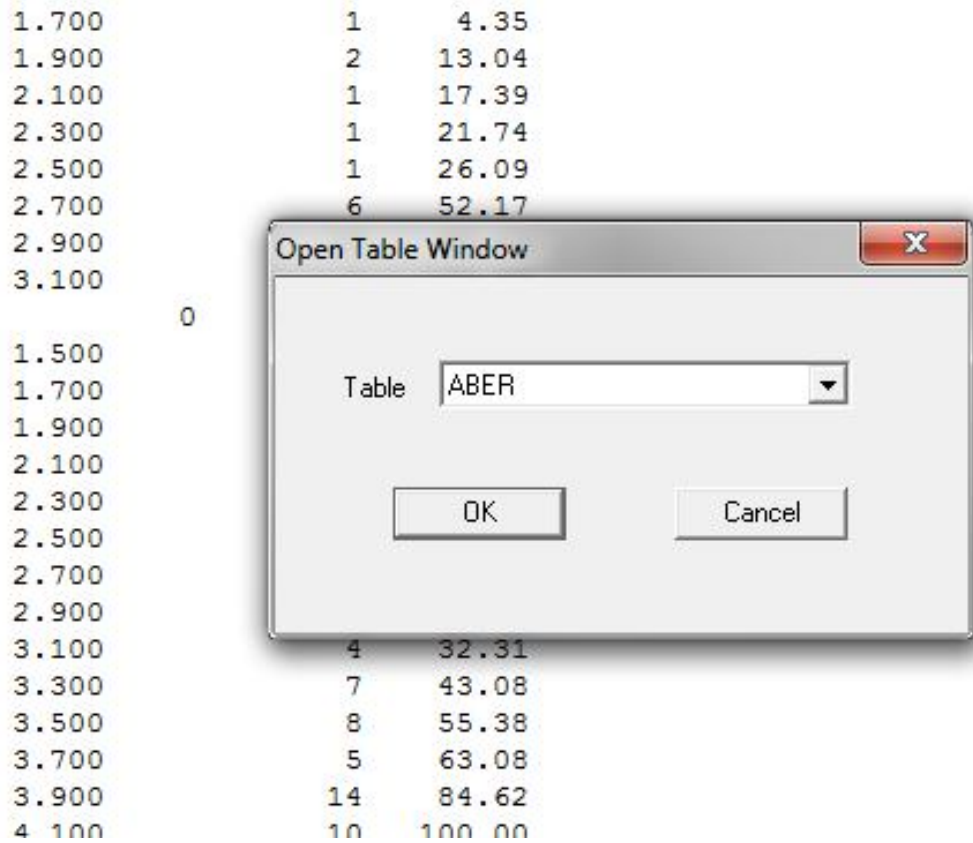


Рисунок 4.3 – Виведення гістограм

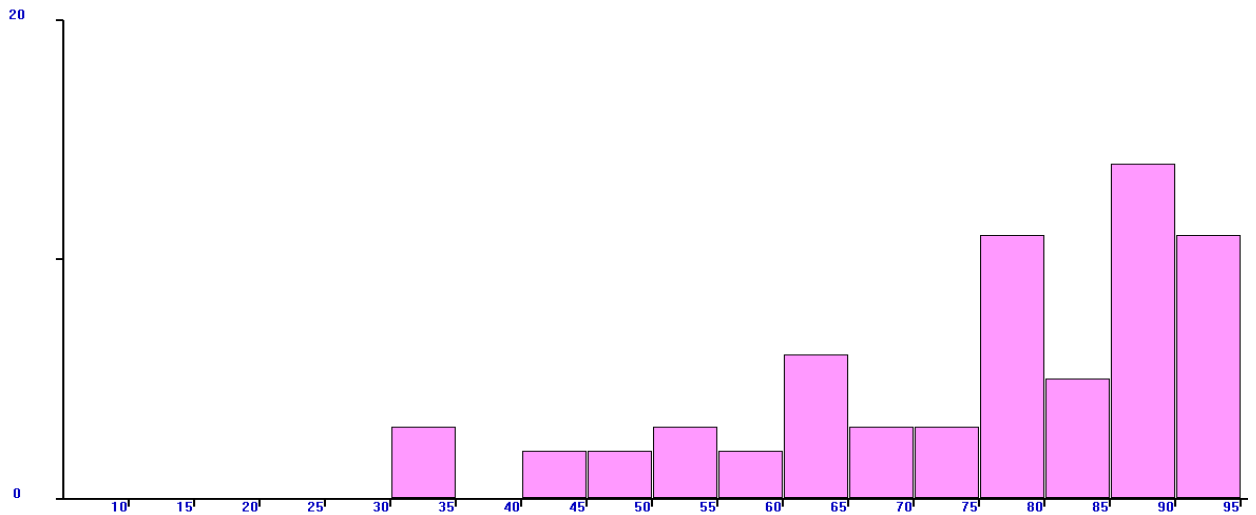


Рисунок 4.4 – Приклад побудови гістограми

GPSS також дозволяє виводити графічне представлення роботи імітаційної моделі.

Для того щоб обрати можливість виводити графік треба увійти у пункт меню Window → Simulation Window → Plot Window (рис. 4.5).

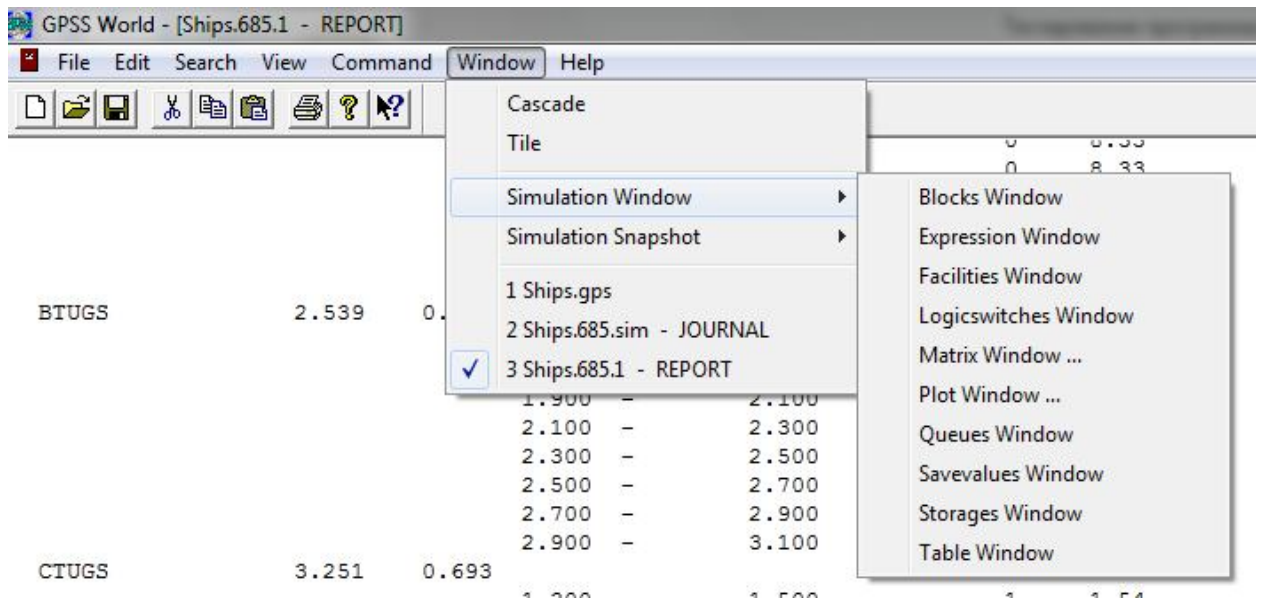


Рисунок 4.5 – Завдання запиту на формування графіку

У вікні треба вводити параметри статистичних вимірювань (рис. 4.6).

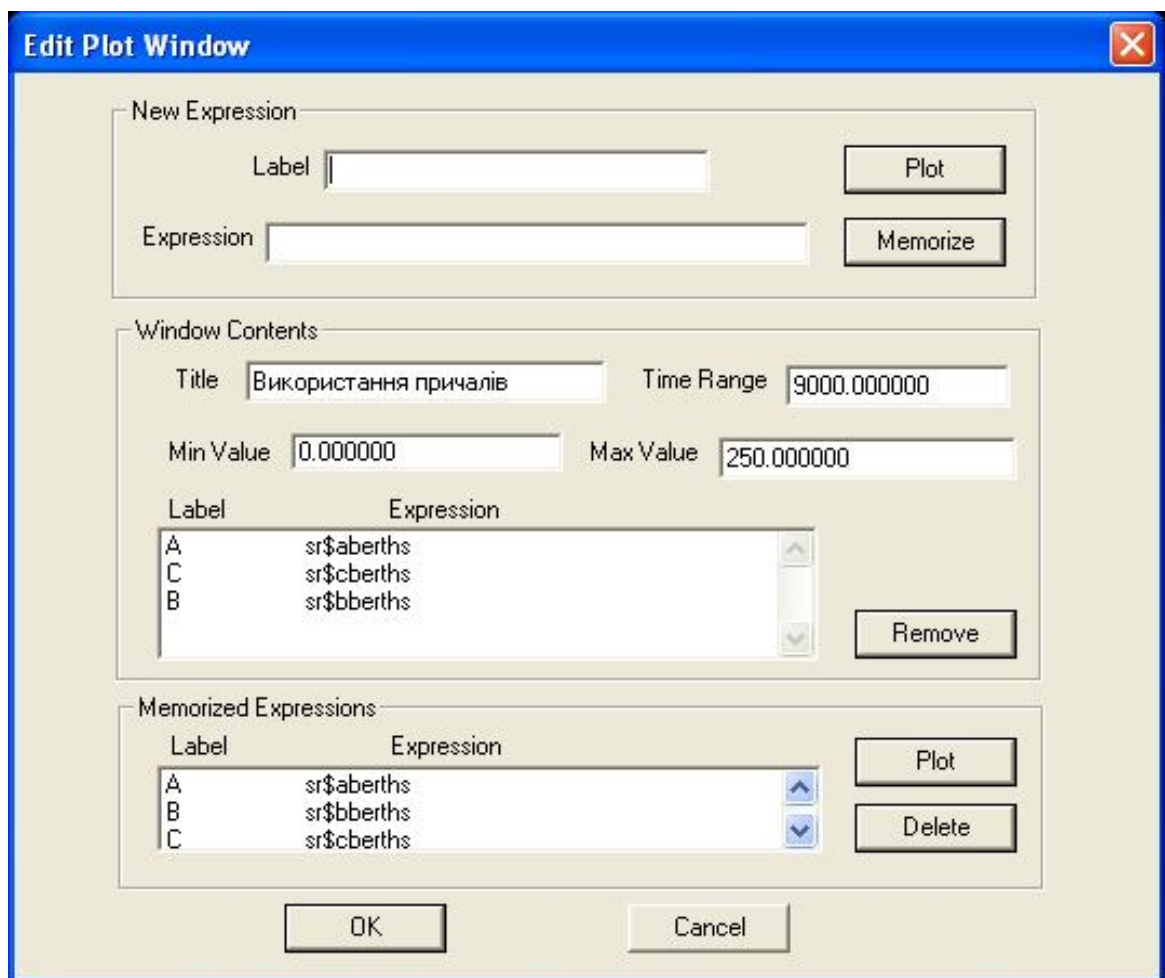


Рисунок 4.6 – Приклад уводу параметрів побудови графіків

Потім треба запуснути імітаційну модель на відпрацювання. У вікні Plot Window, при побудові буде виводитись графік (рис. 4.7).

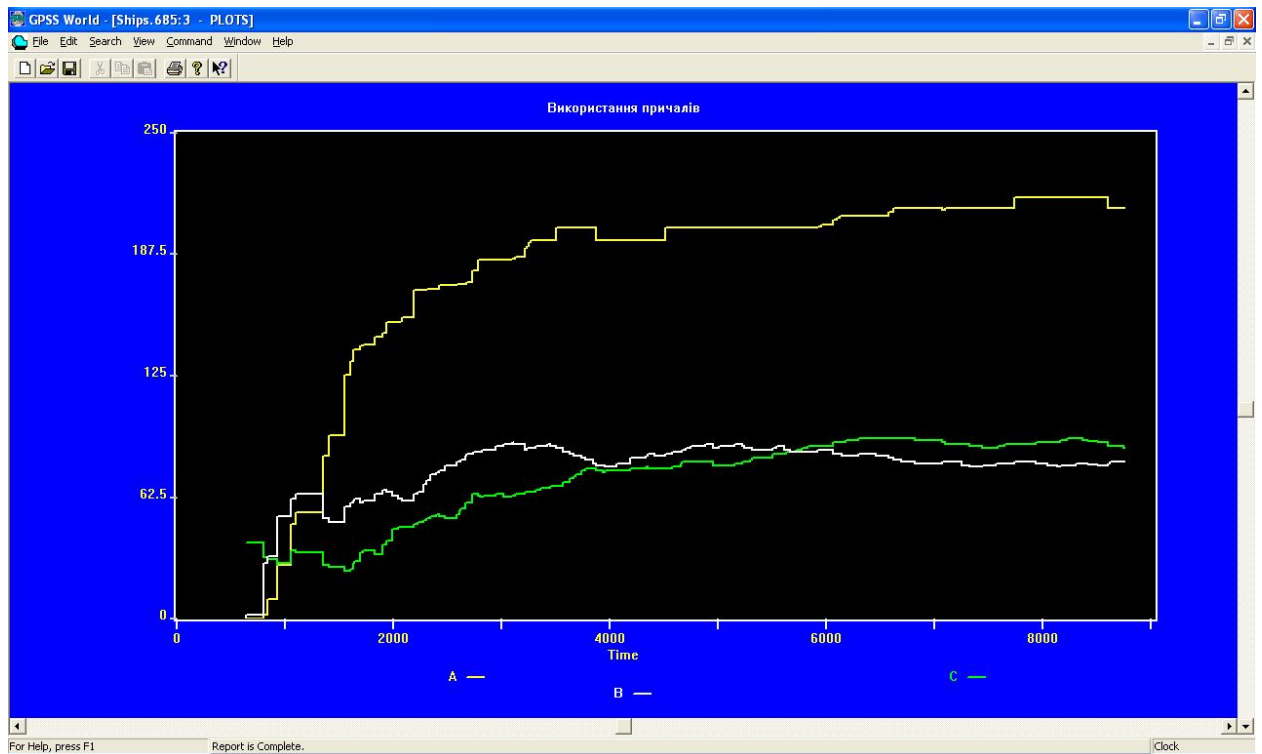


Рисунок 4.7 – Побудований графік коефіцієнтів використання трьох причалів

ВИСНОВКИ

Підвищення стійкості встаткування досягається шляхом посилення його найбільш слабких елементів, а також створенням запасів цих елементів, окремих вузлів та деталей, матеріалів та інструментів для ремонту й відновлення ушкодженого встаткування. Це ж стосується й прогнозування завантаженості морських причалів та комплексів. Саме це й стало результатом виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

В процесі виконання диплому багато проектування було досягнуто мету роботи, а саме – виконано моделювання руху морського транспорту.

Об'єктом роботи стала ситуаційна модель руху морського транспорту.

Предметом роботи – оптимізація роботи ДП «Одеський морський торговельний порт».

Результатом даної дипломної роботи – отримане проектне рішення щодо прогнозуванням найзавантажених ділянок з метою їх усунення.

Було виконано основне завдання на роботу: ведення на підприємстві функціонально простого управлінського обліку, що опирається на реальні дані й використовується винятково усередині організації, надаючи інформацію керівникові та власникам підприємства.

Також було виконано низку встановлених завдань:

- 1) виявлено характеристику з'явлення судів у порту;
- 2) створено імітаційну модель Одеського морського порту;
- 3) визначено середню завантаженість порту;
- 4) визначено середній час обслуговування кожного типа суден;
- 5) визначено коефіцієнти використання кожного з причалів;
- 6) визначено завантаженість буксирів;
- 7) визначено коефіцієнт використання буксирів;
- 8) отримано статистичні дані за всіма пунктами.

При створенні прогнозів на експлуатацію устаткування, було враховано існуючі норми й економічну доцільність їхнього створення.

Методи дослідження – мова імітаційного моделювання GPSS, процедурні методи.

Для досягнення достатньої впевненості у надійності систем автоматизованого керування морським рухом, необхідно уводити елементи отриманої моделі чітко дотримуючись умов експлуатації та показників максимального навантаження причалів.

У ході виконання даної роботи мною було досліджено необхідну методику уведення керуючого обліку, на основі якого було спроектовано та реалізовано програмне забезпечення, що реалізує поставлені задачі.

Наукова новизна роботи:

- виявлення недоліків реальної моделі ДП «Одеський морський торговельний порт»;
- прискорено процес отримання статистичних даних з пропускної здатності порту;
- змога сполучити наглядне представлення результатів роботи морського порту.

Практичне значення – магістерська кваліфікаційна робота носить практичну значимість для галузі транспортних перевезень; прискорення сполучення статистичних даних по роботі порту за декілька хвилин.

Апробація отриманих результатів – результати магістерських досліджень були представлені на двох конференціях.

Перспективи розвитку поданого програмного засобу, припускають удосконалення системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аверилл М. Лоу, В. Дэвид Кельтон. Имитационное моделирование. – СПб.: Питер, 2004. – 848 с.
2. Арсеньев Б. П., Яковлев С. А. Интеграция распределенных баз данных. – СПб.: Лань, 2001. – 464 с.
3. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSSWorld. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.
4. Бражник А.Н. Имитационное моделирование: возможности GPSSWorld. – СПб.: Реноме. 2006. – 439 с.
5. Голованов О. В., Дуваков С. Г., Смирнов В. Н. Моделирование сложных дискретных систем на ЭВМ третьего поколения (опыт применения GPSS). – М.: Энергия, 1978. – 160 с.
6. Девятков В. В., Гиматдинова С. Г. Пакет прикладных программ для моделирования и исследования на ЭВМ дискретных систем. М.: ЦФАП ВНТИЦентра, 1978 г. – 127 с.
7. Емельянов А.А. Системы имитационного моделирования дискретных и дискретно-непрерывных процессов (ПИЛИГРИМ). 10785338.00027–01 92 01–ЛУ. – Тверь: Мобильность, 1992. – 108 с.
8. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов. М.: Финансы и статистика, 2002. – 316 с.
9. Имитационное моделирование случайных факторов: метод. указания к практическим занятиям по курсу «Имитационное моделирование экономических процессов» / Воронеж. гос. технол. акад.; сост. А. С. Дубровин, М. Е. Семенов. – Воронеж: МИР, 2005. – 32 с.
10. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
11. Колбанев М. О., Яковлев С. А. Модели и методы оценки характеристик обработки информации в интеллектуальных сетях связи (монография). – СПб.: Издательство СПбГУ. 2002. – 230 с.
12. Кудрявцев Е.М. GPSSWorld. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс. 2004. – 320 с.
13. Кузьменко В. М. Специальные языки программирования. Программные и инструментальные средства моделирования сложных систем. – Харьков: ХНУРЕ, 2001. – 292 с.
14. Липаев В.В., Яшков С.Ф. Эффективность методов организации вычислительного процесса АСУ. – М.: Финансы и статистика, 1975. – 204 с.

15. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. / Под ред. Нейлора Т.М. / М.: Мир, 1975. – 501 с.
16. Микитюк П.П. Інноваційний менеджмент: Навчальний посібник. – Тернопіль: Економічна думка, 2006. – 295 с.
17. Наставление по GPSS/PC. MinutemanSoftware перевод с английского под ред. Якимова И. М. – Казань: Радуга, 1997. – 320 с.
18. Роберте Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 412 с.
19. Руководство по GPSS/PC. MinutemanSoftware, перевод с английского под ред. Якимова И. М. – Казань: Радуга, 1997. – 351 с.
20. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование: Теория и технологии. – СПб.: КОРОНА-принт, 2004. – 384 с.
21. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем (учебник). – М.: Высшая школа; (2-е изд.), 1998. – 319 с.
22. Томашевский В.Н., Жданова Е.Т. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 642 с.
23. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: наука и искусство. – М.: Мир, 1978. – 404 с.
24. Шрайбер Т. Моделирование на GPSS. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.

ДОДАТОК А

Приклад оформлення основних фрагментів тексту програми GPSS

SIMULATE

***** Причалы *****

ABERTHS	STORAGE	5
BBERTHS	STORAGE	8
CBERTHS	STORAGE	12

***** Буксиры *****

ATUGBOATS	STORAGE	2
BTUGBOATS	STORAGE	2
CTUGBOATS	STORAGE	2

***** Таблицы *****

ABER	TABLE	SR\$ABERTHS,120,12,10
ABER2	TABLE	ST\$ABERTHS,540,24,18

BBER	TABLE	SR\$BBERTHS,50,5,10
BBER2	TABLE	ST\$BBERTHS,185,10,10

CBER	TABLE	SR\$CBERTHS,10,5,20
CBER2	TABLE	ST\$CBERTHS,113,3,20

ATUGS	TABLE	SR\$ATUGBOATS,1.6,0.2,50
BTUGS	TABLE	SR\$BTUGBOATS,1.5,0.2,10
CTUGS	TABLE	SR\$CTUGBOATS,1.3,0.2,20

***** Пассажирские суда *****

AWORK	QUEUE	ABERTH
povtorA	GATE	SNF ABERTHS,waitAB
	ENTER	ABERTHS

```

DEPART  ABERTH
QUEUE  AINTUGS
wTugAF  GATE    SNF          ATUGBOATS,TugAF
ENTER   ATUGBOATS
DEPART  AINTUGS
ADVANCE 2,0.5
LEAVE   ATUGBOATS
ADVANCE              720,120
QUEUE  AOUTTUGS
wTugAS  GATE    SNF          ATUGBOATS,TugAS
ENTER   ATUGBOATS
DEPART  AOUTTUGS
ADVANCE              2,0.5
LEAVE   ATUGBOATS
LEAVE   ABERTHS

TABULATE              ABER
TABULATE              ABER2
TABULATE              ATUGS

```

TERMINATE

***** Блоки ожидания *****

```

waitAB  ADVANCE          720,120
        TRANSFER         ,povtorA

TugAF   ADVANCE          2,0.5
        TRANSFER         ,wTugAF

TugAS   ADVANCE          2,0.5
        TRANSFER         ,wTugAS

```

***** Торговые суда *****

```

BWORK   QUEUE   BBERTH
povtorB  GATE    SNF          BBERTHS,waitBB

```



```

        ENTER  BBERTHS
        DEPART BBERTH
        QUEUE BINTUGS
wTugBF GATE  SNF          BTUGBOATS,TugBF
        ENTER  BTUGBOATS
        DEPART BINTUGS
        ADVANCE 1,0.3
        LEAVE  BTUGBOATS
        ADVANCE 240,48
        QUEUE  BOUTTUGS
wTugBS GATE  SNF          BTUGBOATS,TugBS
        ENTER  BTUGBOATS
        DEPART BOUTTUGS
        ADVANCE 1,0.3
        LEAVE  BTUGBOATS
        LEAVE  BBERTHS

        TABULATE          BBER
        TABULATE          BBER2
        TABULATE          BTUGS

        TERMINATE

```

***** Блоки ожидания *****

```

waitBB  ADVANCE          240,48
        TRANSFER          ,povtorB

TugBF   ADVANCE          1,0.3
        TRANSFER          ,wTugBF

TugBS   ADVANCE          1,0.3
        TRANSFER          ,wTugBS

```

***** Военные суда и суда других типов *****

```

CWORK  QUEUE CBERTH

```

povtorC	GATE	SNF	CBERTHS,waitCB
	ENTER	CBERTHS	
	DEPART	CBERTH	
	QUEUE	CINTUGS	
TugCF	GATE	SNF	CTUGBOATS,wTugCF
	ENTER	CTUGBOATS	
	DEPART	CINTUGS	
	ADVANCE		0.5,0.1
	LEAVE	CTUGBOATS	
	ADVANCE		140,24
	QUEUE	COUTTUGS	
TugCS	GATE	SNF	CTUGBOATS,wTugCS
	ENTER	CTUGBOATS	
	DEPART	COUTTUGS	
	ADVANCE		0.5,0.1
	LEAVE	CTUGBOATS	
	LEAVE	CBERTHS	
	TABULATE		CBER
	TABULATE		CBER2
	TABULATE		CTUGS
	TERMINATE		

***** Блоки ожидания *****

waitCB	ADVANCE	140,24
	TRANSFER	,povtorC
wTugCF	ADVANCE	0.5,0.1
	TRANSFER	,TugCF
wTugCS	ADVANCE	0.5,0.1
	TRANSFER	,TugCS

***** Генерация транзактов *****

Arrt	GENERATE TRANSFER	FN\$Abb ,AWORK
------	----------------------	-------------------

Brrt	GENERATE TRANSFER	FN\$Bbb ,BWORK
------	----------------------	-------------------

Crrt	GENERATE TRANSFER	FN\$Cbb ,CWORK
------	----------------------	-------------------

Abb	FUNCTION	RN2, C24
-----	----------	----------

0.0,440/.01,400/.04,550/.06,500/.08,650/.1,700/.14,720/.16,740/.17,880/.20,680/.25,700/.4,650/.45,800/.5,720/.55,340/.6,720/.65,780/.70,760/.75,500/.80,550/.85,900/.90,540/.95,630/1,980

Bbb	FUNCTION	RN2, C24
-----	----------	----------

0.0,340/.01,300/.04,250/.06,200/.08,350/.1,500/.14,720/.16,740/.17,280/.20,180/.25,200/.4,350/.45,400/.5,120/.55,340/.6,420/.65,280/.70,360/.75,500/.80,550/.85,900/.90,140/.95,30/1,280

Cbb	FUNCTION	RN2, C24
-----	----------	----------

0.0,40/.01,100/.04,50/.06,150/.08,250/.1,70/.14,172/.16,440/.17,180/.20,280/.25,170/.4,15/.45,80/.5,720/.55,140/.6,120/.65,38/.70,17/.75,15/.80,155/.85,190/.90,40/.95,60/1,90

***** Запуск модели *****

GENERATE	8760
TERMINATE 1	
START 1	