

ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ПЕТРА МОГИЛИ

Факультет фізичного виховання та спорту
Кафедра олімпійського та професійного спорту

Допустити до захисту
завідувачка кафедри
олімпійського та
професійного спорту

_____ Н.Ю. Довгань
„_ __” _ _____ 202 _ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА (МАГІСТЕРСЬКА) РОБОТА

**З ТЕМИ: «ОПЕРАТИВНИЙ ТА ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ
ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ МАЙСТЕРНОСТІ У ВОЛЕЙБОЛІ»
ON THE TOPIC " OPERATIVE AND CURRENT CONTROL OF
TECHNICAL SKILLS FORMATION IN VOLLEYBALL "**

Магістрантки групи 683
Галузь знань 01 Освіта / Педагогіка
спеціальність 017 "Фізична культура і спорт"
Булаковської Валерії Сергіївни

Керівник: кандидат педагогічних наук,
доцент Жигadlo Г.Б.

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії:

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Миколаїв – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ПОТОЧНОГО ТА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ В ВОЛЕЙБОЛІ	8
1.1. Історія створення та розвитку волейболу	8
1.2. Правила гри та особливості ігрового майданчику	11
1.3 Огляд наукової періодики щодо технічних навичок та аспектів гри	15
1.4. Тактико-технічна обстановка, обумовлена правилами гри.	21
1.5 Особливості комбінацій технічних дій, реалізованих через тактичні прийоми	28
Висновки до розділу 1.....	36
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ...	38
2.1. Алгоритм та основна гіпотеза дослідження.....	38
2.2. Методика дослідження.....	42
Висновки до розділу 2.....	47
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	48
3.1 Моделювання суб'єкту дослідження	48
3.1.1 Модельні характеристики суб'єкту дослідження	48
3.1.3. Додаткові модельні характеристики – ймовірність влучання в різні зони поля.	56
3.2. Геометрична модель тактико-технічної обстановки під час матчу	58
3.2.1. Модель Лагранджа для відображення зон охоплення майданчика командою	58
3.2.2. Перспективи гейміфікації розробленої методики	62
3.3. Розробка рекомендацій для системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності волейбольних команд	64
Висновки до розділу 3.....	68
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73
ДОДАТКИ	77

ВСТУП

Волейбол – командний вид спорту, в якому дві команди до 12 гравців перекидають м'яч через сітку. Він був створений в 1895 Вільямом Джей Морганом. Початково назва гри – мінтонет, була в подальшому змінена Альфредом Т Хальстедом, спираючись на слова volley – залп або удар з льоту та ball – м'яч.

Олімпійський дебют 1964 року зробив цей вид спорту одним з тих, на які звертають особливу увагу при плануванні тренувань та ігрової стратегії.

Міжнародна федерація волейболу FIVB об'єднує 219 національних федерацій.

Особливий розподіл ролей в команді (догравальник, діагональний, центральний блокуючий, зв'язуючий та ліберо) разом з особливою послідовністю технічних дій (стрибки, силові та планеруючі атаки, блок і т.д.) роблять матч досить цікавою тактико-технічною структурою.

У зв'язку з невеликою кількістю досліджень, що стосуються волейболу існує ряд питань, які варто охопити при розробці оновлених методів підготовки жіночих команд.

Актуальність досліджень, проведених в рамках магістерської дипломної роботи на тему: «Оперативний та поточний контроль формування технічної майстерності у волейболі» полягає в розкритті ряду питань, а саме: тактичні ролі гравців, тактико-технічна структура дій окремого гравця на певній ролі, статистика успішності тактичних дій та напрямків атаки.

Мета. Метою роботи є розробка системи оперативного та поточного контролю формування технічної майстерності у волейболі.

Завдання. Для цього було виділено ряд завдань:

1. Проаналізувати історію, правила та умови гри, а також провідні наукові дослідження щодо системи підготовки, змагань та тактики гри.

2. Представити гру як послідовність технічних дій залежно від ролей спортсменок, що вимагають від них затрат певного часу та сил, а тому можуть

бути представлені за допомогою покрокової ігрової моделі, де прості дії на зразок планеруючої атаки, блоку, ривку займають один хід, а складні силові удари – два ходи та вимагають пропуску одного на відновлення.

3. Дослідити параметри, що можна використати для вдосконалення тактики гри з урахуванням імовірності влучань певних типів ударів в певні частини поля.

4. Розробити методику поточного та оперативного контролю технічної майстерності команди, спираючись на розбір матчів на основі розробленої моделі тактичної та статистичної структури матчу.

Об'єктом дослідження є волейбол, як професійна спортивна дисципліна.

Предметом дослідження є система оперативного та поточного контролю формування технічної майстерності у волейболі.

Дипломна магістерська робота є розвитком ідеї моделювання імовірнісних характеристик волейбольного матчу в плані технічних дій.

Основна гіпотеза дослідження визначає, що поєднання статистики успішних влучань по типу ударів та зонам поля, розробленої індивідуально для команди з загальною статистикою та аналогічною статистикою супротивника дозволить розробити оптимальні корегування в стратегії гри та режимі тренувань.

Методи дослідження базуються на моделюванні розширених модельних показників волейбольної збірної України 2021 року, куди включено також антропометричні дані. Було визначено її склад, відсоток успішності кожної з технічних дій, що фігурують у розробленій математичній моделі.

Проведено аналіз падіння ефективності технічних дій з кожним наступним сетом, що визначається функцією $y = -9,559x + 112,0$ з коефіцієнтом регресії $R^2 = 0,976$, що робить її релевантною.

Створено геометричну модель покриття поля гравцями. Загальна зона контролю команди над полем - $42,39 \text{ м}^2$, що становить 52,3% від його площі.

Це визначається формулою Лагранджа. Проте, через обмеження площею квадрату найкращим способом розміщення кіл, які позначають зону контролю радіусом 1,5 м є не стільникове найбільш щільне пакування, паралельне в ряд, що дає 9 зон контролю замість 7 при стільниковому.

Розроблені моделі та математичний апарат використано для створення настільної гри, завданням якої є емуляція тактики волейбольного матчу.

В ході дослідження було прийнято рішення додати тактичні особливості різних типів атаки в різні частини поля, тактичні параметри («улюблені», тобто найбільш вживані та найуспішніші типи атак) команди суперника, як фактори, що оцінюються в ході розробки стратегії власної команди.

В перспективі це дозволить на базі оцінки записів гри команди супротивника, розробити адаптивну тактичну схему гри, розділену на тактичні дії, що проводяться в період відновлення сил після силових подач та обіграти ці дії у вигляді настільної гри для гейміфікації тактичних занять. Крім того тренер отримає можливість статистичної оцінки та корегування положення команди на полі та дій в атаці і обороні окремих тактичних ролей.

Додатково пропонується кілька ідей технічного характеру для полегшення роботи тренера та наводиться ряд пропозицій для вдосконалення системи підготовки команди.

Наукова новизна проведеного дослідження полягає в:

- застосуванні ігрового підходу в складенні тактичної схеми гри що дозволить формалізувати у вигляді цифр ті параметри, які покращуються тренуваннями і на основі аналізу успішності тактичних кроків з записів ігор корегувати відсотковий склад вправ у тренуваннях (фактично налаштувати команду на найбільш незручні для супротивника тактичні схеми);

- плануванні тактики гри, що враховує статистику влучань в різні частини поля загалом та індивідуально для команди суперників, що показуватиме як розміщувати гравців для захисту та куди цілити для підвищення ймовірності влучання;

- підвищенні ролі тактичної складової підготовки команд та злагодженої командної роботи;

- розробці методології контролю та нарощування технічної майстерності гравців.

Практичне значення дослідження полягає в розробці теоретичних та прикладних інструментів для покращення спортивних результатів волейбольних команд, оптимізації тренувань та напрацювання фізичних параметрів, оптимальних для певних найбільш успішних технічних дій, покращення тактики гри.

Загалом, описані принципи це те, що професійні тренери та спортсмени роблять інтуїтивно, але формалізація покращить напрацювання таких навичок серед новачків та дасть розуміння того, що саме треба робити.

Особистий внесок здобувача полягає в:

- самостійно проведеному аналізу наукових джерел;

- розробці концепції гейміфікації тактико-технічної моделі матчу;

- проведенні аналізу відеозаписів та створенні таблиць статистики професійних ігор для розробки статистики влучань по типу удару та зоні ігрового поля;

- параметричному аналізі різних ігрових ролей в волейбольній команді;

- розробці пропозицій щодо вдосконалення інструментарію поточного та оперативного контролю технічної майстерності.

Базою дослідження є ЧНУ ім. Петра Могили.

Апробація результатів дослідження та основні теоретичні та практичні результати наукового дослідження були представлені на науково-практичних конференціях, які проходили на базі Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

Публікації. В межах дослідження було опубліковано 1 теза конференції Булаковська В.С., Плахтирь І.В. «Базові складові тактичної моделі послідовності технічних дій у волейболі» Могилянські читання – 2023 р.: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний

та регіональний аспекти. Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Актуальні проблеми фізичного виховання, спорту та фізкультурно-спортивної реабілітації» тези доповідей 07 листопада 2023 р., м. Миколаїв / ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2023. –228 с.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків до них, висновків та списку використаних джерел (25 найменувань). Загальний обсяг роботи складає 89 сторінок, з яких основного тексту – 72 сторінки .

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ПОТОЧНОГО ТА ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ В ВОЛЕЙБОЛІ

1.1. Історія створення та розвитку волейболу

Волейбол створено 9 лютого 1895 року [1] Вільямом Джей Морганом викладачем фізичного виховання коледжу Асоціації молодих християн (YMCA) в місті Голіок (штат Массачусетс, США) (Додаток А. Рис 1.1).

Гра носила назву «мінтонет», сітка розміщувалась на висоті 197 см, грали баскетбольним м'ячем, а число людей в командах не обмежувалось.

В 1896 р. на конференції коледжів асоціації молодих християн у Спрингфілді гра була представлена широкій публіці та за пропозицією професора Альфреда Т. Гальстеда (Додаток А. Рис 1.2) була перейменована в «волейбол», спираючись на слова volley – залп або удар з льоту та ball – м'яч.

Перші правила гри було опубліковано в 1897 році. Проте формування загальних правил відбувалось протягом 1915-1925 років.

Так в Африці, Європі та Америці правила передбачали гру з шістьма гравцями на майданчику, а в Азії було два варіанти: дев'ять, або дванадцять гравців з майданчиком 11x22 м без зміни позицій гравцями під час матчу.

Перший спеціалізований м'яч для волейболу створено в 1900 році.

Перші загальнонаціональні змагання проведено в 1922 році в Брукліні. Також в той же час утворено першу в світі спортивну організацію з волейболу – федерацію баскетболу і волейболу Чехословаччини.

Національні федерації Болгарії, СРСР, США та Японії сформувались протягом 1920-х разом з появою нормальної ігрової тактики, що включала такі технічні дії, як: подача, приймання, нападаючий удар і блок. В 1930-х до них додалися груповий блок, страхування та обманні удари.

В 1925 професор В.Блях ініціював створення в Харкові перших волейбольних майданчиків, а вже через рік організаційна група з розповсюдження та розвитку волейболу, створена при Губернській раді фізкультури фіксує наявність близько ста команд в Харкові. В цьому ж році

Всеукраїнський спортивно-технічний комітет затвердив єдині правила, а вже в 1927 було розіграно першість України серед колективів 11 міст. В 1928 цей вид спорту стає частиною всесоюзної спартакіади, а 1933 в Дніпрі проходить «волейбольне свято», що пізніше трансформувалось в чемпіонат СРСР.

На конгресі міжнародної федерації гандболу в Стокгольмі в 1936 році за ініціативою Польщі було створено міжнародну комісію з волейболу, до якої увійшли 13 країн Європи, 5 країн Америки і 4 країни Азії.

За основу було прийнято правила американського волейболу з незначними змінами. До прикладу було введено метричні виміри, заборонено торкатись м'яча тілом нижче поясу, обмежено зону подачі та встановлено висоту сітки для жіночих команд в 224 см.

Перший конгрес Міжнародної федерації волейболу (FIVB) відбувся 18-20 квітня 1947 в Парижі за участю представників 14 країн: Бельгії, Бразилії, Угорщини, Єгипту, Італії, Нідерландів, Польщі, Португалії, Румунії, США, Уругваю, Франції, Чехословаччини і Югославії. Ці країни стали першими офіційними членами FIVB. Було офіційно прийнято міжнародні правила, а в складі FIVB були створені арбітражна комісія і комісія з розробки і вдосконалення правил гри.

Першим президентом FIVB був обраний французький архітектор Поль Лібо (Додаток А. Рис 1.3), який переобирався аж до 1984 року [2].

З 1964 року волейбол включено до олімпійських дисциплін.

На початку 1980-х з'явилася подача у стрибку і майже перестала застосовуватися бічна подача, збільшилася частота нападників ударів із задньої лінії, відбулися зміни в способах прийому м'яча - насамперед непопулярний прийом знизу став панівним, а прийом зверху з падінням майже зник. Звузилися ігрові функції волейболістів: наприклад, якщо раніше у прийомі були задіяні всі шість гравців, то з 1980-х років виконання цього елемента стало обов'язком двох догравачів.

Гра стала більш силовою та динамічною. Волейбол збільшив вимоги до зростання та атлетичної підготовки спортсменів. Якщо в 1970-і роки в команді

могло не бути взагалі жодного гравця на зріст вище 2-х метрів, то з 1990-х років все змінилося. У командах високого класу нижче 195—200 см зазвичай лише сполучний та ліберо.

В 1984 році був обраний новий глава доктор Рубен Акоста [3] (Додаток А. Рис 4), адвокат з Мексики, що почав розробляти ряд реформ для підвищення телегенічності та видовищності гри, які було прийнято на 21-й конгресі FIVB напередодні Олімпійських ігор-1988 в Сеулі.

Зокрема було прийнято нововведення для вирішальної п'ятої партії по системі «раллі-пойнт» («розіграш-очко»).

У 1990 році засновано Світову лігу з волейболу (Додаток Б. Рис 1.5), що кожного року набирає все більше команд (Додаток В. Табл 1.1 [4]).

В 1993 засновано жіноче Гран-прі з волейболу (Додаток Б. Рис 1.6), що також регулярно проходить під егідою FIVB (Додаток Г. Табл 1.2 [5])

Починаючи з 2006 року FIVB об'єднує 219 національних федерацій волейболу. Волейбол є одним з найпопулярніших видів спорту на планеті. Найрозвиненішим волейбол, як вид спорту, в таких країнах, як Бразилія, Італія, Китай, Росія, США, Японія, Польща.

1.2. Правила гри та особливості ігрового майданчику

Мета волейбольної гри полягає в тому, щоб ефективно перекидати м'яч на половину суперників таким чином, щоб вони не могли його відбити, і м'яч вдарився об підлогу чи землю. Гра відбувається на прямокутному майданчику розміром 18х9 метрів, який розділений на дві половини сіткою (Рис 1.7).

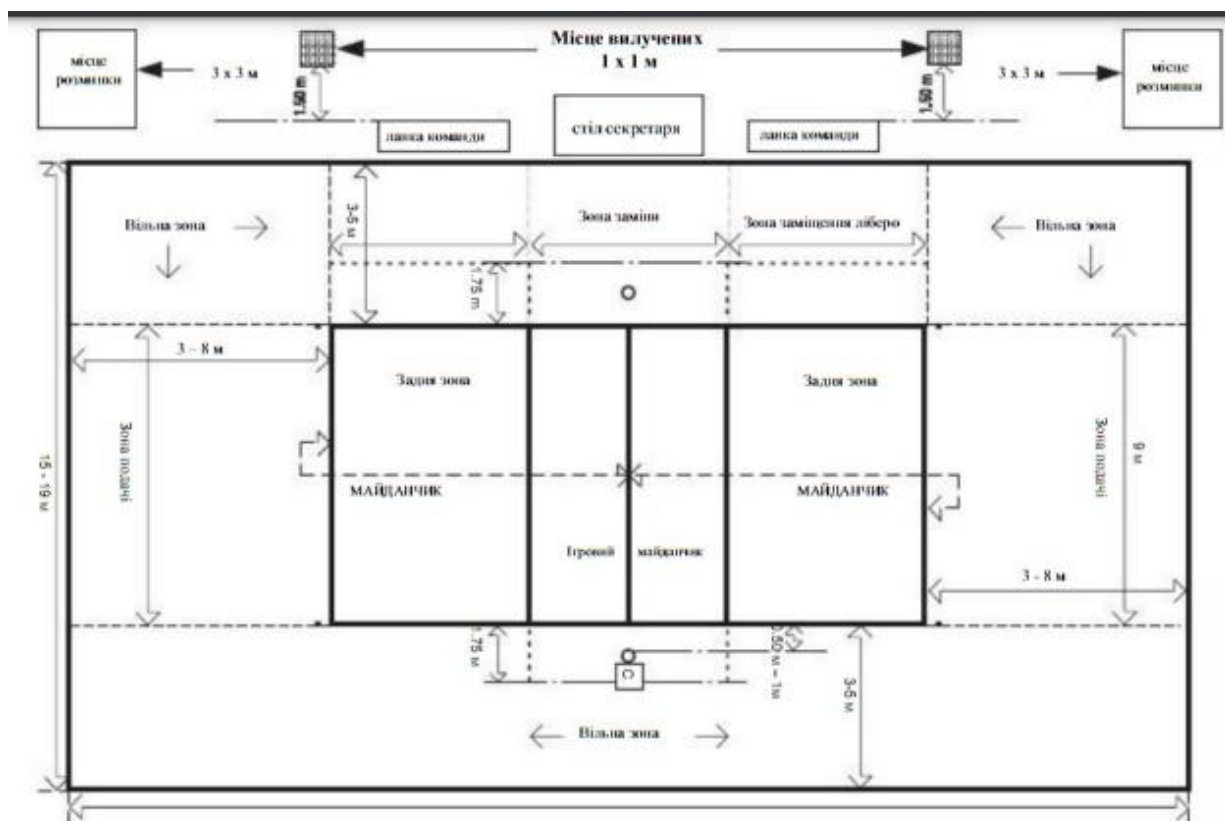


Рис 1.7. Схема волейбольного майданчика

Висота сітки для чоловіків складає 2,43 метри, для жінок - 2,24 метри. Гравці ведуть гру сферичним м'ячем діаметром 65—67 сантиметрів та вагою 260-280 грамів. Кожна з команд може мати максимум 12 гравців, але на майданчику одночасно може бути лише 6.

Гра розпочинається введенням м'яча в гру через подачу. Після успішного розіграшу подачі право на подачу переходить до команди, яка виграла очко. Майданчик розділений на 6 зон залежно від кількості гравців. Після кожного переходу подачі гравці переміщуються в наступну зону за годинниковою стрілкою (Рис 8).



Рис 1.8. Зонування поля та перехід гравців.

Гравець, який останнім перемістився з другої в першу зону, виконує подачу з задньої лінії майданчика. Мета подачі - відправити м'яч на половину суперника, дотримуючись правила, щоб жодна частина тіла не торкнулася майданчика під час подачі. Якщо м'яч торкнеться поверхні майданчика, команді, що подавала, зараховується очко.

Гравець, який порушив правила або відправив м'яч до ауту, дарує очко команді супротивника. Блокування м'яча при подачі заборонено. Гравці зазвичай приймають м'яч на задній лінії.

Гравцям на прийомі дозволяється три торкання перед тим, як передати м'яч на половину супротивника. При цьому друга передача повинна проходити поза антенами. Під час прийому заборонено затримувати м'яч, але його можна приймати будь-якою частиною тіла.

Удар м'яча повинен пройти над сіткою між антенами (Додаток Д. Рис 1.9).

Гравці передньої лінії можуть атакувати з будь-якої точки майданчика, але є ряд правил, щодо положення на полі (Додаток Д. Рис 1.10).

Блок може бути одиночним або груповим, а блокують тільки гравці передньої лінії. Торкання сітки при блоці заборонено (Додаток Д. Рис 1.11).

Ліберо не може атакувати та має обмежені функції. Гра триває до 25 очок, а матч закінчується, коли одна з команд виграє три партії. Тренер має

право провести два тайм-аути на 30 секунд у кожній партії, а також технічні тайм-аути на 60 секунд після досягнення 8 і 16 очок. Максимально 6 замін гравців дозволено у кожній партії.

Розміщення суддів на волейбольному майданчику є точно визначеним і гарантує справедливий судовий процес (Додаток Е. Рис 1.12). Зазвичай, два судді відповідають за контроль за грою: головний суддя та другий суддя. Головний суддя розташовується на високому стільці поблизу сітки, контролюючи дію гравців, правильність подач та атак, а також спостерігає за подіями в області сітки. Другий суддя розташовується на протилежному боці майданчика та слідкує за лінійними аспектами гри, зокрема, визначає, чи м'яч перетнув лінію майданчика чи антени. Це розподілення дозволяє суддям ефективно взаємодіяти та забезпечує чесну та точну оцінку подій під час волейбольного матчу.

У волейболі існують різні категорії порушень, за які судді можуть призначати покарання. Деякі з них включають:

- Подвійний контакт або два послідовні дотики: гравець не повинен торкатися м'яча двічі підряд. Це може відбутися під час прийому чи атаки.
- Аут або удар у сітку: якщо м'яч виходить за межі майданчика або гравець торкається сітки під час гри, це вважається порушенням.
- Недопустимий блок: гравець не повинен блокувати м'яч на стороні суперника перед тим, як він перетнеться з іншою стороною сітки.
- подача з неправильної точки майданчика: гравець повинен виконувати подачу з правильного місця.
- Тривале затримання м'яча: гравець не повинен тримати м'яч в руках або затримувати його надто довго під час гри.
- Перехід під сітку: гравець не повинен перетинати сітку та втручатися в гру суперника.

Наслідки порушень можуть включати:

- Поігрове очко для протилежної команди: якщо гравець чи команда порушує правила, суперникам може бути зараховане очко.

- Право на подачу: у деяких випадках, якщо команда суперника порушує правила, інша команда може отримати право на подачу м'яча.

- Заміна гравця: якщо гравець систематично порушує правила, його можуть вивести з гри, а на його місце ввести іншого гравця.

Судді мають за завдання вчасно виявляти порушення та застосовувати відповідні санкції для забезпечення чесної та порядної гри.

Чесна та порядна гра у волейболі вимагає не лише дотримання правил гри, але й високих стандартів спортивної моралі та етики. Спортсмени повинні виявляти повагу до суперників, суддів і власної команди, а також дотримуватися принципів справедливості та чесності. Неприйнятна поведінка може включати в себе такі аспекти, як (Додаток Е. Табл 1.3).

1.3. Огляд наукової періодики щодо технічних навичок та аспектів гри

Результати дослідження [6] показують, що рівень тактичного мислення гравців у нападі становить 64,22%, а в захисті - 59,46% для майстрів спорту. Відповідно, кандидати у майстри спорту демонструють рівні 42,24% та 40,19%, а гравці I-III розрядів - 34,44% та 28,89%. Виявлено, що існує зв'язок між рівнем майстрів спорту та якістю їх тактичного мислення у змагальній діяльності: для нападу - коефіцієнт кореляції $r = 0,66$, а для захисту - $r = 0,54$. Також встановлено взаємозв'язок між змагальною діяльністю та тактичним мисленням атакуючого на рівні $r = 0,58$.

Мета дослідження [7] полягала у визначенні ефективності змагальної діяльності гравців високої кваліфікації в різних амплуа. Матеріали та методи, використані у дослідженні, включали в себе аналіз статистичних даних з великих міжнародних змагань, таких як Олімпійські ігри (2012), Чемпіонати світу (2010, 2014), Чемпіонати Європи (2010–2014) та Світова ліга (2010–2014). Загалом було проаналізовано 130 ігор, використовуючи методи аналізу та узагальнення науково-методичної літератури, спостереження за змагальною діяльністю волейболістів вищого класу та математичної статистики. Результати вказують на те, що найбільш ефективні атакуючі дії під час одного матчу здійснюються висококваліфікованими волейболістами світу. Наприклад, перший гравець в темпі атаки виграє 4,2% м'ячів у четвертій частині гри, другий гравець - 4,5%, а «діагональ» - 5,1%. Дослідження підтверджує, що найвищий рівень ефективності змагальної діяльності спостерігається серед волейболістів високого класу, зокрема, другий гравець у темпі атаки виграє 22,1% м'ячів, «діагональ» - 18,8%, перший рейтинг гравців - 16,3%.

Мета дослідження [8] полягала у розробці алгоритму спеціального аналізу для вдосконалення тренувального процесу у волейболі на основі виявлення показників техніко-тактичних дій кваліфікованих гравців. У роботі використано статистичні дані з 2688 техніко-тактичних показників 56 гравців

національних збірних команд, які брали участь у Чемпіонаті Європи з волейболу CEV 2019. Застосовані методи включають аналіз змагальної діяльності, узагальнення практичного досвіду та теоретичне моделювання. Результати дослідження інтерпретують сумарні показники ефективності, техніко-тактичні дії та співвідношення ефективності гравців у позиційних зонах.

Мета дослідження [9] полягає у використанні статистичної інформації, яку програмне забезпечення Click and Scout забезпечує під час волейбольних матчів, з метою надання техніко-тактичних відомостей щодо команди суперника та гри нашої команди. Ця інформація включає в себе деталі щодо майданчика розташування, схеми ротацій, блокування та захисту, індивідуальні та колективні аспекти гри. Аналізуючи індивідуальні напрямки атаки та напрямки подачі кожного гравця суперника в реальному часі, головний тренер може ефективно керувати тактикою нашої команди та ефективно взаємодіяти з грою суперника.

Дослідження [10] розглядає важливість прийняття рішень у високорівневих командних видах спорту, таких як волейбол, футбол, регбі та баскетбол. Автори визначають ключові аспекти, які впливають на процеси прийняття рішень у спорті, зосереджуючись на тренерах та спортсменах. Стаття виокремлює загальні характеристики, які допомагають приймати ефективні рішення в умовах обмеженого часу та напружених ситуаціях на полі гри. Основна мета статті - встановлення зв'язку між властивостями, необхідними для прийняття рішень у спорті, та методами вивчення цих процесів.

Дослідження [11] присвячено систематичному огляду технологій відстеження розташування та руху в спорті з використанням датчиків та методів на основі зору. Автори детально розглядають різні технології, включаючи ті, які використовують носимі датчики, а також ті, які базуються на візуальних методах відстеження. Стаття описує принципи, переваги та недоліки кожної технології, а також методи їх застосування в спортивному

аналізі. Подано приклади використання цих технологій у спорті, включаючи аналіз даних та розгляд додатків, пов'язаних зі спортом. Стаття також акцентує увагу на питаннях конфіденційності даних і етиці, пов'язаних із використанням технологій відстеження. Нарешті, обговорюються майбутні тенденції у високоточних видах спорту, де відстеження розташування та руху може знайти широке застосування.

Дослідження [12] спрямоване на вдосконалення ефективності удару "спайк" у волейболі, який визначає результативність гри та є ключовим елементом тренувального процесу для тренера. Використання відеоаналізу для оцінки кількісних аспектів виконання гри може бути корисним для вдосконалення індивідуальних навичок у спорті. Мета дослідження - використовувати метод викладання з візуальним зворотнім зв'язком за допомогою відеоаналізу для вдосконалення технічної моделі удару "спайк". Експериментальний підхід включав участь жіночої команди до 21 року, розділеної на контрольну та експериментальну групи, протягом 10 тижнів тренувань під час проведення чемпіонату. Експериментальна група самостійно переглядала відео без коментарів чи допомоги тренера, який оцінював конкретні технічні аспекти удару "спайк" за допомогою специфічних описових параметрів у чек-листі для визначення спортивних навичок при наявності спортсменів. Покращення спортивних навичок контрольної групи зросло меншою відсотковою часткою, ніж у експериментальній групі, з різницею в 12%. Ця різниця може бути пов'язана із застосуванням візуального зворотного зв'язку у методі викладання. Дані свідчать про можливе майбутнє використання цього інструменту в тренуваннях та фізичному вихованні, не лише для статистики чи тактичних схем.

Метою дослідження [13] є передбачення швидкості та цільової області подачі в складних умовах волейбольного матчу, використовуючи штучні нейронні мережі (ШНМ). Для аналізу було розглянуто 289 розіграшів з однієї підсаджувачки 2-го рівня Австрійської жіночої волейбольної ліги. Були зафіксовані дані про положення гравців та траєкторію м'яча перед подачею

підсаджувачки. Нейромережеве програмне забезпечення NeuroDimension було навчено на 60% наборів даних для передбачення цільової області та швидкості (навчання з учителем). Решта використовувалася для перехресної перевірки (15%) та передбачень (25%). Відповідність передбачених та реальних значень оцінювалася за допомогою відсотка правильних передбачень. Для оцінки якості передбачення результати ШНМ порівнювалися з передбаченнями тренерів високого рівня. ШНМ правильно передбачала цільову область в 68,1%, а швидкість подачі в 79,2%, що було значно вище, ніж випадкове ($p < 0,01$). Точність передбачень ШНМ для цільових областей була на 2,8% вищою, ніж у тренерів (не значуща). Прогностична точність ШНМ для швидкості подачі була значно вищою на 14,6%. Інформація з передбачень ШНМ може бути корисною для підтримки тренерів у тренуванні навичок гравців для передбачення дій суперників та тренуванні підсаджувача для власної команди.

Дослідження [14] спрямоване на визначення різних командно-тактичних шаблонів у волейболі та аналіз відмінностей у їх варіабельності. Загалом аналізується 120 стандартних ситуацій шести національних жіночих волейбольних команд під час чемпіонату світу. Для кожної команди обирається двадцять ситуацій, включаючи базову позицію оборони (початкову конфігурацію) та блок двох гравців з глибоким прикриттям від центрального гравця на задній частині майданчика (кінцеву конфігурацію). Форми формацій оборони на початкових і кінцевих конфігураціях кожної національної команди, а також варіабельність цих оборонних формацій, піддаються статистичному аналізу. Крім того, ці дані форм формацій використовуються для навчання багатосарових персептронів з метою перевірки, чи можуть штучні нейронні мережі розпізнати команди за їх тактичними шаблонами. Результати показують значущі відмінності між національними командами як у базовій оборонній позиції на початку, так і у блокуванні двох гравців з глибоким прикриттям від центрального гравця в кінцевій стандартній ситуації оборони. Крім того, національні команди показують значущі відмінності у

варіабельності систем оборони, причому початкові позиції є більш змінюваними, ніж кінцеві позиції. Багатошарові перцептрони здатні розпізнавати команди з середньою точністю 98,5%. Висновок полягає в тому, що системи оборони в командних видах спорту на високому рівні є високо індивідуалізованими і змінними навіть у стандартних ситуаціях. Штучні нейронні мережі можуть бути використані для розпізнавання команд за формами конфігурацій гравців. Ці висновки підтримують концепцію, що тактика та стратегія повинні бути адаптовані для команди та повинні бути гнучкими для досягнення успіху.

Дослідження [15] розглядає розподіл варіації у спортивній поведінці на різних рівнях: рівень атлетів ($N = 1412$), які утворюють команди ($J = 92$), що в свою чергу входять у різні види спорту ($K = 17$). Трирівневі моделі використовуються для вивчення спортивної чесності, технічної та психологічної майстерності гри, а також інструментальної агресії. Результати підтверджують, що кластеризація за видом спорту пояснює унікальну варіацію, яка додається до кластеризації за командами. Однак стать та вид командного спорту є ключовими факторами, які пояснюють більшість варіації на рівні виду спорту. Висновок полягає в тому, що важливо враховувати кластеризацію за видом спорту, і, якщо це неможливо, контроль за статевим відмінностями також є необхідним.

Дослідження [16] встановлює модель тренування для спортсменів у відповідності до національних умов Китаю та вищих наукових стандартів за допомогою технології видобутку даних. У роботі розкривається зміст технології видобутку даних та детально описуються кілька загальних методів. Зосереджуючись на потребах у спортивному тренуванні, досліджено контроль якості спортивного тренування та статистичну систему тактичних боїв. На цій основі впроваджено вдосконалений метод виведення алгоритму Aprilio для підвищення правильності системної оцінки. Додатково були проведені імітаційні порівняльні дослідження трьох алгоритмів: класичного, DC-Aprigio та модифікованого Aprilio. Результати показали, що вдосконалений алгоритм

Аpriori, вивчений у цьому проекті, може забезпечити кращу підтримку прийняття рішень для моделі тренування.

В дослідженнях [17] та [18] представлено аналіз успішності технічних дій протягом матчу. Так наведена статистика свідчить про те, що професійний пляжний волейболіст виконує в середньому 85 стрибків за годину (стрибок кожні 42 с) і виконує прискорення в бігу кожні 15,4 с, долаючи в середньому по 3,3 м. Атакуючі технічні дії в пляжному волейболі посідають перше місце (22%) з усіх ігрових дій. На подачі припадає 18,5%, на прийом подачі – 15,3%, передачі – 20%, блок – 13,8%, захист – 9,3%, обманні дії – імітація атаки 0,9% і блоку 0,2%. Також важливими є дані про різницю результативності силових (18,7%) та планеруючих (7,6%) подач.

Подібне дослідження [19] містить методологію, практично ідентичну тій, яку ми збирались розробити в якості елемента тактичного аналізу матчів команд супротивника, а саме: поєднання аналізу результативності технічних дій у вигляді атак різного типу з аналізом статистики влучань в різні зони поля. Знаючи ці параметри, можна прогнозувати «улюблені» атаки супротивника, зону, яку частіше атакуватимуть та найменш захищену зону поля для атаки.

На жаль аналогічних досліджень не для пляжного, а для звичайного волейболу знайти не вдалося, тому провести їх доведеться самостійно шляхом аналізу відеозаписів ігор.

1.4. Тактико-технічна обстановка, обумовлена правилами гри.

Тактичні прийоми та схеми є основою технічної майстерності як прикладного елементу гри. Точніше тактичні схеми спираються на технічні дії, успішність яких залежить від технічної майстерності гравців. На практиці це означає, що в ході оперативного та поточного контролю технічної майстерності необхідно мати статистику успішності виконання технічних дій та їх комбінацій.

Модельні характеристики команди. Така статистична картка команди називається її модельними характеристиками. В ній зазначається в відсотках успішність подач, прийому подач, атак, захисту, під страховки та пасу на удар.

З точки зору технічних дій можна виділити три основні групи: техніка переміщень, техніка нападу та техніка захисту.

- У техніці переміщень можна виділити стартові (висока, середня та низька), переміщення кроком, подвійний крок, схресний крок, біг, стрибок, падіння;

- У техніці нападу розглядаються три аспекти: подача, передача, нападаючий удар;

- Техніка захисту включає два важливі компоненти: прийоми та блокування.

Тактична модель команди. Крім модельної характеристики використовується також тактична модель команди, яка визначає кількість та розподіл гравців в команді, що включає крім стартової шістки і запасних та містить зазвичай 14 гравців з чітко визначеними ролями.

Для початку варто визначитись з ролями в команді та притаманними ним технічними діями:

1. Догравальник (нападник другого темпу): Гравець, який атакує з країв сітки, обробляє важкі м'ячі і приймає м'ячі з подачі суперника. Повинен мати високу реакцію та обирати оптимальну позицію для прийому м'яча. Також відповідає за атаку з другого темпу. Притаманні технічні дії:

- Техніка переміщень: Стартові (середня, висока, низька), переміщення кроком, подвійний крок.

- Техніка нападу: Передача, нападаючий удар.

2. Діагональний: Гравець, що атакує з задньої лінії, зазвичай найпотужніший і стрибучий. Діагональні набирають багато очок у грі.

Техніка переміщень: Стартові (середня, висока, низька), переміщення кроком, біг, стрибок.

Техніка нападу: Подача, передача, нападаючий удар.

3. Центральний блокуючий (нападник першого темпу): Найвищий гравець, головна задача - блокувати удари суперників, не допускаючи їхнього перельоту через сітку або потрапляння до захисників. Використовується стрибок блокуючого для ефективного блокування.

- Техніка переміщень: Стартові (середня, висока, низька), переміщення кроком, подвійний крок, перехресний крок, біг, стрибок.

- Техніка захисту: Блокування.

Зв'язуючий (пасуючий): Гравець, що виконує передачу м'яча нападаючому для завершального удару. Визначає слабкі місця в обороні суперника і виводить атакуючого на вигідну позицію. Є мозком команди та її лідером.

- Техніка переміщень: Стартові (середня, висока, низька), переміщення кроком, подвійний крок, перехресний крок.

- Техніка нападу: Передача.

- Техніка переміщень: Стартові (середня, висока, низька), переміщення кроком, подвійний крок, перехресний крок, біг, стрибок, падіння.

- Техніка захисту: Прийоми.

Другим кроком є визначення кількості гравців в кожному з амплуа, залежно від запланованої тактики гри від 2 до 4 в кожній ролі. (Ці дані подаються в заявці перед матчем).

Догравальник (4-й номер): Гравець другого темпу, який атакує з країв сітки. Бере участь у всіх елементах гри, включаючи прийом, блок, пас і нападаючий удар.

Догравальник (5-й номер): Як і гравець другого темпу, догравальник атакує з країв сітки та бере участь у всіх аспектах гри.

Ліберо (без номера але формально 6): Ліберо - це вільний захисник, який грає на задній лінії замість одного з партнерів. Не має права подавати, атакувати в стрибку і брати участь у блоці.

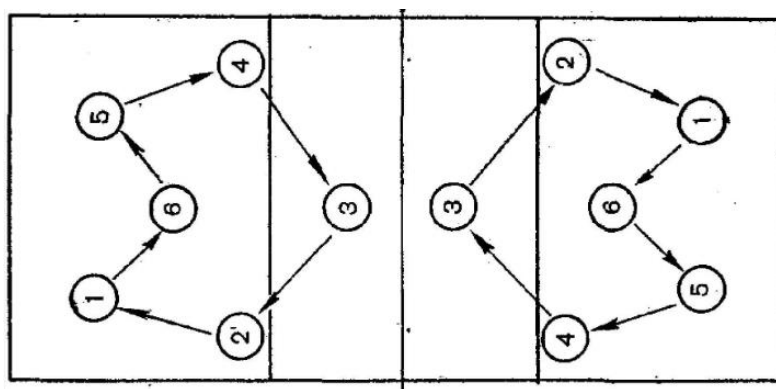


Рис 1.15. Схема переходу від зверху

В аматорському волейболі ліберо може лишатись без штрафу на своїй позиції при переході за годинниковою стрілкою інших гравців, але в професійному волейболі зміна позиції є обов'язковою, а тому тактична схема дій команди ділиться на «під час подачі» та «після подачі».

Варто зауважити, що гравцям заборонено робити горизонтальний перехід, тобто переходити за межі своєї лінії. Зона нападу становить 3 м від сітки, зона захисту 6 м, вільна зона 9 м, з яких 3 справа виділено на зону подачі (Рис 1.16).

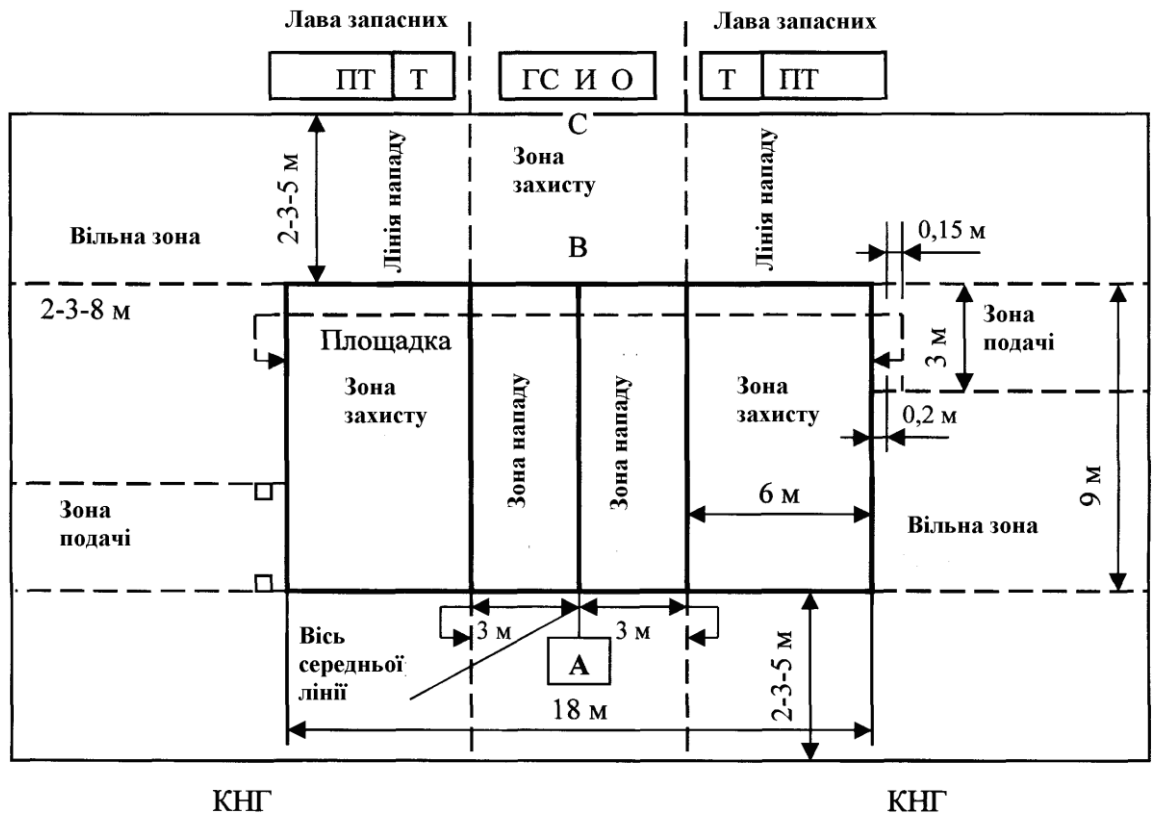


Рис 1.16. Зонування за функціональними задачами

Це впливає на сформовані тактики переходу та командні схеми.

Командна схема є третім елементом поточного контролю технічної майстерності команд та визначає тактику гри стартової шістки.

Так до найпоширеніших наразі належить комбінація 5-1 – 5 гравців атакують, один ліберо робить передачу. Для реалізації даної схеми в рамках тактики «після пасу» гравці мають змінити свої позиції.

Початкова позиція на полі:

Пасуючий (розпасовщик) знаходиться в зоні 1.

Догравальники розташовані у зонах 2 і 5.

Центральні блокуючі стоять у зонах 3 і 6.

Діагональний нападник знаходиться у зоні 4.

Під час подачі:

Усі гравці, крім одного гравця другої лінії (5-й або 6-й номер), закривають 1-й номер, тобто розташовуються ближче до сітки.

Після подачі (Рис 1.17):

Пасуючий намагається триматися ближче до центру поля або знаходиться в першій лінії. Інші гравці стоять півколом.

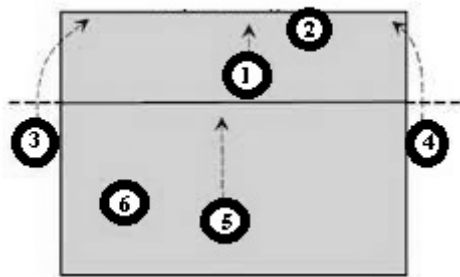


Рис 17. Схема 5-1 з можливостями дій

З урахуванням кожного переходу гравців за годинниковою стрілкою, вони повинні повертатися приблизно до вказаних позицій. Наприклад, зв'язуючий після будь-якого переходу виходить у зону паса між 2 і 3 номерами. Ця розстановка гравців є складною, але ефективною, оскільки сприяє потужному нападу, що дозволяє розбити блок супротивника.

Другою за популярністю є схема 4-2. Це тактична стратегія, яка використовується командою для організації гравців на майданчику. У цій схемі на майданчику одночасно перебувають 4 нападаючих гравців і 2 пасуючих.

Основна ідея схеми 4-2 (Додаток Є. Рис 1.18) полягає в тому, що два гравці з команди виступають як пасуючі (плеймейкери або регулятори гри), а чотири інших - як нападаючі. Пасуючі гравці розташовуються у різних частинах поля і забезпечують підйом м'яча для нападу.

У цій схемі, пасуючі гравці (1) і (3) намагаються розміститися на такій відстані від сітки, щоб мати можливість ефективно пасувати м'яч своїм нападаючим гравцям (2), (4), (5) та (6). Нападаючі гравці, в свою чергу, вибирають оптимальні позиції для атаки в залежності від ситуації на майданчику та рухів противників.

Ця схема дозволяє команді мати достатньо нападаючих гравців для різноманітних атак, а також забезпечує стабільний потік пасів для підготовки атак. Вона часто використовується в командах, де гравці мають різний рівень

навичок та досвіду, оскільки ця схема дозволяє рівномірно розподілити відповідальність між гравцями.

Переходи оборона-напад (захист-атака) і напад-оборона (атака-захист) в волейболі відіграють ключову роль у стратегії команди. Ось що вони означають:

Оборона-напад (захист-атака):

Оборона полягає в зупинці атаки суперника і контролю над м'ячем, який летить в напрямку вашого поля.

Після успішної оборони команда повинна перейти до атаки, спрямованої на противника. Це включає в себе швидку передачу м'яча на пасуючого, який встановлює його для нападу.

Напад-оборона (атака-захист):

Напад відбувається, коли ваша команда виконує удар по м'ячу в наміченому напрямку супротивника з метою забиття очка.

Після нападу ваша команда має негайно перейти до оборони, щоб зупинити атаку суперника, яка відбувається після вашого удару. Це включає в себе готовність до блокування або прийому удару супротивника і подальшої організації оборони.

Ефективне виконання переходів оборона-напад і напад-оборона вимагає від команди великої координації і реакції. Кожен гравець повинен бути готовим швидко переключатися з одного етапу гри на інший, щоб забезпечити успішну стратегію команди (Додаток Ж. Табл 1.4).

1.5. Особливості комбінацій технічних дій, реалізованих через тактичні прийоми

Тактичні прийоми є основою технічної майстерності команди. Часто саме реалізація певного поєднання тактичних прийомів у вигляді тактичних комбінацій дозволяє зробити її дії успішними. В основі технічної майстерності в аспекті тактичних прийомів лежить класичний набір технічних дій [21] – пересування, стійка, подача, прийом і передача, нападаючий удар та блокування.

Для позначення тактичних комбінацій застосовується різна жестикуляція. Зазвичай в командах система жестів є власною, але часто вживані жести мають ряд спільних ознак на зразок вказання напрямку та відтворення жесту схожого на рух, що виконуватиметься.

Подача (Serve). Вдала подача може також бути ефективною атакою. Гравець, який виконує подачу, може намагатися атакувати слабе місце в обороні супротивника або викликати проблеми своєю швидкістю та місцем виконання подачі.

Найпоширеніший жест: Рука, яка вказує вперед, може позначати напрямок подачі. Рухи руки, схожі на дію махання м'ячем, можуть вказати на тип подачі (наприклад, топ-спін або пряма подача).

Підйом (Set and spike). Це основний варіант атаки, де пасуючий (сетер) встановлює м'яч для нападника (спайкера), який потім ударяє його в наземну зону супротивника.

Найпоширеніший жест: Підняття вказівного та великого пальців вгору може показувати підйом для подальшої атаки. Розмах руки над головою може вказувати на те, що гравець готовий виконати удар.

Блок-аут. Гравці атакують м'яч так, щоб він відскочив від рук блокуючої команди, виходячи за межі майданчика. Це забезпечує команді атакуючу перевагу, оскільки м'яч відбивається від блоку і виходить за межі поля.

Найпоширеніший жест: Руки, підняті вгору перед обличчям, можуть означати готовність до блокування, а пальці можуть вказувати на якому рівні блоку гравець спрямований.

Блок-аут з використанням сітки. У цьому варіанті гравці намагаються виконати атаку так, щоб м'яч відскочив від сітки і вибув з меж поля. Це забезпечує команді пункт, оскільки м'яч виходить за межі поля через сітку.

Найпоширеніший жест: Додаткові жести, такі як рухи руками вздовж сітки, можуть вказати на позицію, де гравець планує розмістити блок.

Розгін (Quick spike). Цей варіант атаки полягає в тому, що пасуючий передає м'яч нападнику непрямо на миттєвий удар. Це дозволяє нападнику атакувати, перехоплюючи оборону супротивника в невідготовленому стані.

Найпоширеніший жест: Швидкий рух руки вниз після підняття м'яча може вказувати на швидку атаку.

Підвищена атака (Back row attack). Гравець з задньої лінії майданчика виконує атаку. Це може бути ефективно, оскільки суперник не завжди очікує атаки від гравців, які знаходяться у задній частині поля.

Найпоширеніший жест: Жести, такі як підняття руки позаду гравця, можуть показувати, що атака буде виконана з задньої лінії.

Фінт атаки (Feint spike). Гравець може симулювати атаку в одному напрямку, а потім виконати удар у протилежному напрямку. Це може призвести до того, що захисники супротивника реагують на фінт, дозволяючи гравцю виконати удар в непокриту зону поля.

Найпоширеніший жест: Рухи рукою або тілом в одному напрямку, а потім раптове зміщення можуть використовуватися для фінтів перед атакою.

Перший темп. Термін "першим темпом" в волейболі використовується для опису тактичної атаки, при якій один гравець виходить на удар раніше за інших. Ця тактика дозволяє команді здійснити швидку та неочікувану атаку на суперника, щоб отримати перевагу у виконанні точного удару.

У такій ситуації один з гравців готується до удару раніше за решту, щоб отримати позицію для ефективного атаки. Виходячи першим темпом, цей

гравець може отримати перевагу в часі та просторі, щоб виконати удар раніше, ніж суперник встигне підготуватися до блокування або захисту.

Перший темп може бути використаний для здійснення різноманітних атак, таких як швидкий удар по центру майданчика, підвищення або інші тактичні варіації, спрямовані на отримання очка для команди. Важливою складовою успіху першого темпу є чітка координація та співпраця між гравцями для виконання точного та ефективного удару.

Найпоширеніший жест: Вказівний і великий пальці, які піднімаються вгору, можуть позначати різні темпи атаки.

Другий темп. У волейболі термін "другий темп" використовується для опису тактики атаки, при якій гравці виходять на удар пізніше, ніж у першому темпі. Ця тактика дозволяє гравцям вибрати більше часу для підготовки до удару, змінити траєкторію м'яча або використати інші тактичні прийоми для подолання блоку суперника та забиття м'яча.

У другому темпі гравці можуть виконати різноманітні атаки з різних позицій на майданчику. Це дозволяє умовно розділити комбінації на двох-, трьох- та чотирьох-ходові варіанти, у яких беруть участь три нападаючі з передньої лінії та один чи кілька гравців з задньої лінії. Гравці другого темпу також можуть використовувати швидкі зміни траєкторії м'яча або виконувати імпровізовані атаки, щоб здивувати суперника та забити очко для своєї команди.

Використання другого темпу вимагає від гравців великої уваги до ситуації на майданчику, швидкого прийняття рішень та співпраці між гравцями для успішної реалізації атаки. Ця тактика є важливою складовою стратегії волейбольної гри та дозволяє команді бути більш непередбачуваною та ефективною в нападі.

Найпоширеніший жест: Вказівний і великий пальці, які піднімаються вгору, можуть позначати різні темпи атаки.

Зона. Поняття "зона" відноситься до конкретних тактичних комбінацій, в яких два або більше нападаючих працюють в одній певній області поля. Це

дозволяє гравцям спільно працювати для забезпечення успішного нападу або оборони в певній частині майданчика.

Коли говорять про "зону", вони можуть вказувати на конкретний сектор поля, де гравці виконують певні рухи та тактичні дії. Це може бути область перед сіткою, по боках поля або навіть в задній частині майданчика.

У таких комбінаціях гравці співпрацюють, щоб максимізувати ефективність своїх дій в певній області, використовуючи тактичні прийоми, щоб отримати перевагу над супротивником.

Найпоширеніший жест: Вказівний палець, спрямований в різні боки, може показувати на певні зони на полі для атаки.

Зліт. Поняття "зліт" відноситься до тактичного прийому у волейболі, коли гравець готується до удару з низької передачі з вертикальної траєкторії. Зазвичай цей удар виконується в зоні 3, що знаходиться біля передньої лінії. В момент передачі м'яча гравець, що атакує, вже перебуває у повітрі або знаходиться у стадії стрибка (зліту), готуючись до удару.

Під час зльоту гравець має відобразити гнучкість і координацію, щоб виконати удар точно в мить перельоту м'яча, над сіткою. Це може вимагати від нього великої концентрації та точності, оскільки потрібно враховувати рух м'яча та розташування суперника для успішного завершення атаки.

Зліт є важливою складовою нападу в волейболі, оскільки дозволяє гравцеві здійснити швидкий та ефективний удар, використовуючи низьку передачу.

Найпоширеніший жест: Жести з підняттям рук можуть позначати атаку з висоти або зліт для удару.

Простріл. Простріл - це термін у волейболі, який описує удар з низької швидкої передачі вздовж сітки. Цей удар зазвичай виконується із зони в зону або через зону.

У контексті волейболу, "простріл" є ефективним тактичним прийомом, коли гравець намагається прорвати блок супротивника або здійснити точний удар одразу за сіткою, використовуючи низьку передачу м'яча.

Цей прийом вимагає від гравця високої точності та швидкості реакції, оскільки він зазвичай виконується у відповідь на швидку передачу з командного партнера. Простріл може бути ефективним способом пройти через оборонний блок суперника або забити м'яч в ту частину поля, де противник має найбільше прогалин.

Найпоширеніший жест: Рухи рукою вздовж сітки можуть вказувати на тип атаки.

Напівпростріл. Напівпростріл - це удар з прискореної передачі вздовж сітки на висоті не вище 1,5 метра. При цьому передача може бути здійснена з однієї зони в іншу або через зону. Швидкість м'яча під час напівпрострілу зазвичай нижча, ніж при швидкісній передачі, але траєкторія польоту м'яча тримається вище.

У волейболі напівпростріл є одним із тактичних варіантів атаки, який дозволяє гравцеві використовувати високу точність та стратегічну розстановку, щоб прорватися через блок супротивника або знайти прогалину в обороні. Цей вид удару дозволяє змінювати рух м'яча під час польоту, щоб збити підготовлену захисну стратегію суперника.

Найпоширеніший жест: Рухи рукою вздовж сітки в опуклій формі можуть вказувати на тип атаки.

Повернення. Тактична комбінація "Повернення" відноситься до варіантів атаки в волейболі, де нападаючий гравець здійснює удар як спереду, так і ззаду гравця, який передає м'яч. У цій тактиці нападаючий спочатку розміщується перед гравцем, який виконує передачу (пасує), і виходить на удар позаду нього. Потім він повертається в своє початкове положення перед гравцем, який пасує, і здійснює удар.

Наприклад, якщо нападаючий починає з позиції спереду гравця, який пасує, він може спробувати прорватися через блок супротивника, виконуючи удар назад. Після цього він повертається на своє місце, щоб знову виконати удар в напрямку суперника.

У випадку, коли нападаючий знаходиться позаду гравця, який пасує, він може вибрати атаку ззаду, намагаючись здивувати захисників суперника. Після цього він повертається на попередню позицію перед гравцем, який пасує, і знову готується до удару.

Таким чином, комбінація "Повернення" дозволяє створити непередбачуваність для захисників суперника, роблячи зміни в атакуючих рухах і місцях виконання ударів.

Найпоширеніший жест: Обертання тіла або рухи руками в обидва боки можуть позначати напрямок удару.

Подвійне повернення. Ця тактика полягає в тому, що нападаючий гравець здійснює два повернення, змінюючи напрямок своїх атак.

Коли нападаючий знаходиться спереду гравця, який пасує, він спочатку виходить на удар позаду цього гравця. Після цього він повертається на свою попередню позицію перед гравцем, який пасує, і невідкладно відходить для удару позаду нього.

У випадку, коли нападаючий знаходиться позаду гравця, який пасує, він виходить на удар поперед нього. Потім він повертається на свою попередню позицію і знову виходить на удар спереду гравця, який передає м'яч.

Ця стратегія дозволяє збентежити захисників суперника швидкими змінами напрямку атак і створити додаткові прогалини в обороні для ефективних ударів. Крім того, вона підвищує передбачуваність для суперника, ускладнюючи процес прийняття рішень щодо блокування та захисту.

Найпоширеніший жест: Обертання тіла або рухи руками в обидва боки можуть позначати напрямок удару.

Дужка. Тактичний прийом "Дужка" в волейболі включає в себе атаку, яка, зазвичай, виконується в центрі сітки. Гравець, який атакує, виходить на удар, знаходячись приблизно на відстані 1,5 метра від гравця, що передає м'яч. Траєкторія польоту м'яча під час удару утворює невелику дугу між гравцем, який пасує, і нападаючим гравцем.

У цій тактиці гравець, який атакує, зазвичай отримує низьку передачу від гравця, що передає м'яч. Це дозволяє атакуючому гравцеві ефективно накрити м'яч і виконати удар, використовуючи маленьку дугу траєкторії, щоб переманити захисників суперника та забезпечити точний удар в область поля, яку вони не зможуть достатньо захистити.

Такий прийом дозволяє команді розширити свої можливості атаки, забезпечуючи більше варіантів для ефективних ударів в обороні суперника.

Найпоширеніший жест: Жести, що наслідують форму дужки або стрілки, можуть вказувати на комбінації та стратегії.

Моріта. У волейболі, "Моріта" є складним і витонченим тактичним прийомом, який був вперше продемонстрований японським гравцем на кубку світу 1969 року у НДР. Цей прийом полягає в тому, що нападаючий гравець виконує удар або спереду, або ззаду гравця, який передає м'яч.

Під час виконання "Моріта" гравець спочатку розбігається і виконує присідання (скачок) наче перед стрибком для удару. Він починає розгинати ноги та імітує стрибок для удару з низької передачі, але в останню мить відбувається затримка руху. М'яч для удару передають приблизно на висоту 1 метра. Потім гравець знову стрибає вгору та наносить удар по м'ячу.

Найпоширеніший жест: Специфічні рухи рук або тіла, які відтворюють удар «Моріта».

Хрест (Cross). Хрест – це тактична комбінація, в якій обидва нападаючі гравці виходять на удар в одну зону, перехрещуючись в момент атаки.

Перший нападаючий виходить на удар першим темпом, після чого другий нападаючий виходить на удар другим темпом, перетинаючи шлях першого. Це створює певну нерозбіжність для захисників супротивника та ускладнює їх роботу.

Передній "хрест" застосовується, коли перший гравець, який виходить на удар, знаходиться попереду гравця, що передає м'яч, а другий нападаючий перетинає його траєкторію. Другий гравець може бути як перед гравцем, що робить передачу, так і за ним.

Зворотній "хрест" використовується, коли перший нападаючий спочатку знаходиться позаду гравця, який передає, але рухається перед ним. Другий гравець виходить на удар, перетинаючи траєкторію першого, що знаходиться попереду гравця, що передає м'яч. Комбінацію прямого і зворотного "хрест" можна виконувати як перед гравцем, що передає, так і за ним.

У комбінації малий "хрест" беруть участь гравці суміжних зон, а великий "хрест" включає гравців, які знаходяться через одну або декілька зон (наприклад, зони 4 і 2).

Подвійний "хрест" виконується, коли всі три гравці передньої лінії беруть участь у нападі, і рух на удар останнього з них перетинає траєкторії першого і другого нападаючих.

Найпоширеніший жест: Жести, що формують хрест або перетин, можуть вказувати на різні стратегії атаки.

Хвиля (Wipe). У цій комбінації обидва нападаючих гравці виходять на удар в одну зону, а передача м'яча виконується вздовж сітки.

Виконання: Обидва нападаючих гравці створюють "хвилю", рухаючись разом на удар. Ця комбінація може створювати змішаність у захисників щодо того, куди буде виконано удар, що ускладнює їхню реакцію.

Найпоширеніший жест: Рухи рук або пальців вздовж сітки можуть позначати тактику використання «хвилі» при атаках.

Ешелон (Tandem). У такій комбінації обидва нападаючих гравці виходять на удар в одну зону, причому другий нападаючий виходить позаду першого, створюючи "ескадру" або "ешелон" атаки.

Виконання: Перший гравець атакує першим темпом, а другий - другим темпом, рухаючись позаду першого. Це дозволяє другому нападаючому використовувати першого як екран або відволікання для супротивника, що може збити з пантелику захисників.

Найпоширеніший жест: Вказівка на одночасну атаку двох гравців у величезній «ланці».

Висновки до розділу 1.

В ході початкового етапу дослідження було проведено аналіз доступної інформації щодо правил, технічних та організаційних особливостей, історії створення та розвитку гри у пляжний волейбол та основних напрямків наукових досліджень, пов'язаних з цим видом спорту.

Список найбільш поширених помилок та сигналів, що їх позначають було зібрано з розрізнених джерел та зведено до таблиці.

Описано вимоги до майданчика, спорядження гравців, організації та проведення змагань.

Крім того перелічено основні типи турнірів та інших заходів, що проводить Міжнародна федерація волейболу (FIVB).

Розглянуто та узагальнено дані щодо історії створення та поширення пляжного волейболу. Відзначено основні важливі постаті в його формуванні такі як: засновник волейболу Вільям Джей Морган та людина, що змінила його назву «мінтонет» на «волейбол» Альфред Т. Хальстедом та ряд інших осіб.

Це дозволило оцінити історичні передумови існуючої послідовності змагань та відзначити досягнення країн та гравців жіночих команд у рамках світової ліги волейболу та Гран-прі.

Щодо наукового погляду, варто відзначити значний розвиток аспектів відстеження технічних дій за допомогою нейронних мереж, що включає дослідження щодо переміщення ігровим полем, тактики гри, успішності технічних дій і т.д. Сюди ж можна віднести і дослідження щодо способів оцінки та розвитку фізичних характеристик гравців.

Другим напрямком є розробка алгоритмів оцінки різних технічних аспектів гри команд.

Третім напрямком виступає статистика тактики гри за типами ударів, зонами влучання і т.д.

До комбінацій технічних дій, реалізованих через тактичні прийоми належать: Подача (Serve); Підйом (Set and spike); Блок-аут; Блок-аут з використанням сітки; Розгін (Quick spike); Підвищена атака (Back row attack);

Фінт атаки (Feint spike); Перший темп; Другий темп; Зона; Зліт; Простріл; Напівпростріл; Повернення; Подвійне повернення; Дужка; Моріта; Хрест (Cross) передній, зворотній, подвійний, малий, великий; Хвиля (Wave); Ешелон (Tandem). Відстеження гравців за допомогою трекінгу м'яча та їх положення дозволить додати до модельних показників не тільки успішність окремих технічних дій, а й успішність тактичних прийомів, що підвищить якість аналітики.

Все це, враховуючи, що ряд знайдених матеріалів перекриває те, що складно розробити самостійно, забезпечить умови для розробки якісної системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності команди, спираючись на розбір матчів на основі розробленої моделі тактичної та статистичної структури матчу.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Алгоритм та основна гіпотеза дослідження

Основна гіпотеза дослідження визначає, що поєднання статистики успішних влучань по типу ударів та зонам поля, розробленої індивідуально для команди з загальною статистикою та аналогічною статистикою супротивника дозволить розробити оптимальні коригування в стратегії гри та режимі тренувань.

Це означає, що в ході практичної розробки системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності спортивних команд в період міжсезоння варто особливу увагу приділити аналізу та розбору на складові технічні дії процесу гри команди та команд потенційних суперників.

Створення докладної моделі дозволить сформулювати уявлення про послідовність та відсотковий склад певних технічних дій в грі, а також визначити потребу в корегуваннях тренувань для покращення фізичного параметру, що відповідає за ті технічні дії, з якими у гравців виникають проблеми.

Для цього в ході роботи необхідно визначити:

- Відсоткове співвідношення технічних дій, щоб створити загальне уявлення про структуру гри;
- Енергетичні затрати та період відновлення сил після вибухових навантажень від найбільш затратних дій для того, щоб створити уявлення про фізичні можливості гравців та можливість створення реалістичних тактичних комбінацій, а також визначення «вікна можливостей» для своєї команди в проміжок часу відновлення після застосування супротивником енергозатратної комбінації дій;
- Фізичний параметр, що відповідає за кожен тип дій для того, щоб корегувати режим тренувань на базі аналізу послідовності технічних дій під час гри;

- Найбільш успішний тип дій для своєї команди та команди супротивника для визначення режиму тренувань з протидії супротивнику та використання своїх сильних сторін;

- Статистику зонального розподілення найбільш частих та найбільш успішних атакуючих дій супротивника та своєї команди, а також пропущених супротивником атак для оптимізації розміщення гравців на полі та визначення цілі атак;

Гейміфікація тактичної моделі гри стане інструментом, що дозволить максимально зручно навчати команду послідовностям технічних дій у рамках ігрової тактики.

Для її реалізації необхідно визначитись з ролями гравців, допустимою послідовністю дій, зонуванням майданчика, траєкторіями польоту, типом дії, стійкою та затратами сил на неї.

Так як за правилами FIVB подача має здійснюватися протягом 5 секунд, цей проміжок можна брати за основу часового позначення тактичного кроку. Враховуючи обмеження на кількість торкань, дії гравців першої, другої ліній та дій ліберо, можна сказати, що моделювання гри буде дещо більш статичним та передбачуваним, ніж в пляжному волейболі, де гравця в команді два. Але і обмежень менше.

Відповідно, в ході дослідження необхідно буде не тільки розробити модель, а й створити правила та концепцію настільної гри, яка її емуляватиме.

Відповідно, алгоритм роботи системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності команди (Рис 2.1) передбачає індивідуальний аналіз тактичних особливостей своєї команди та команди суперника.

Це означає, що потрібно врахувати типові дії суперника, що повторюються в різних матчах та брати їх за основу при передбаченні його стратегії перемоги.

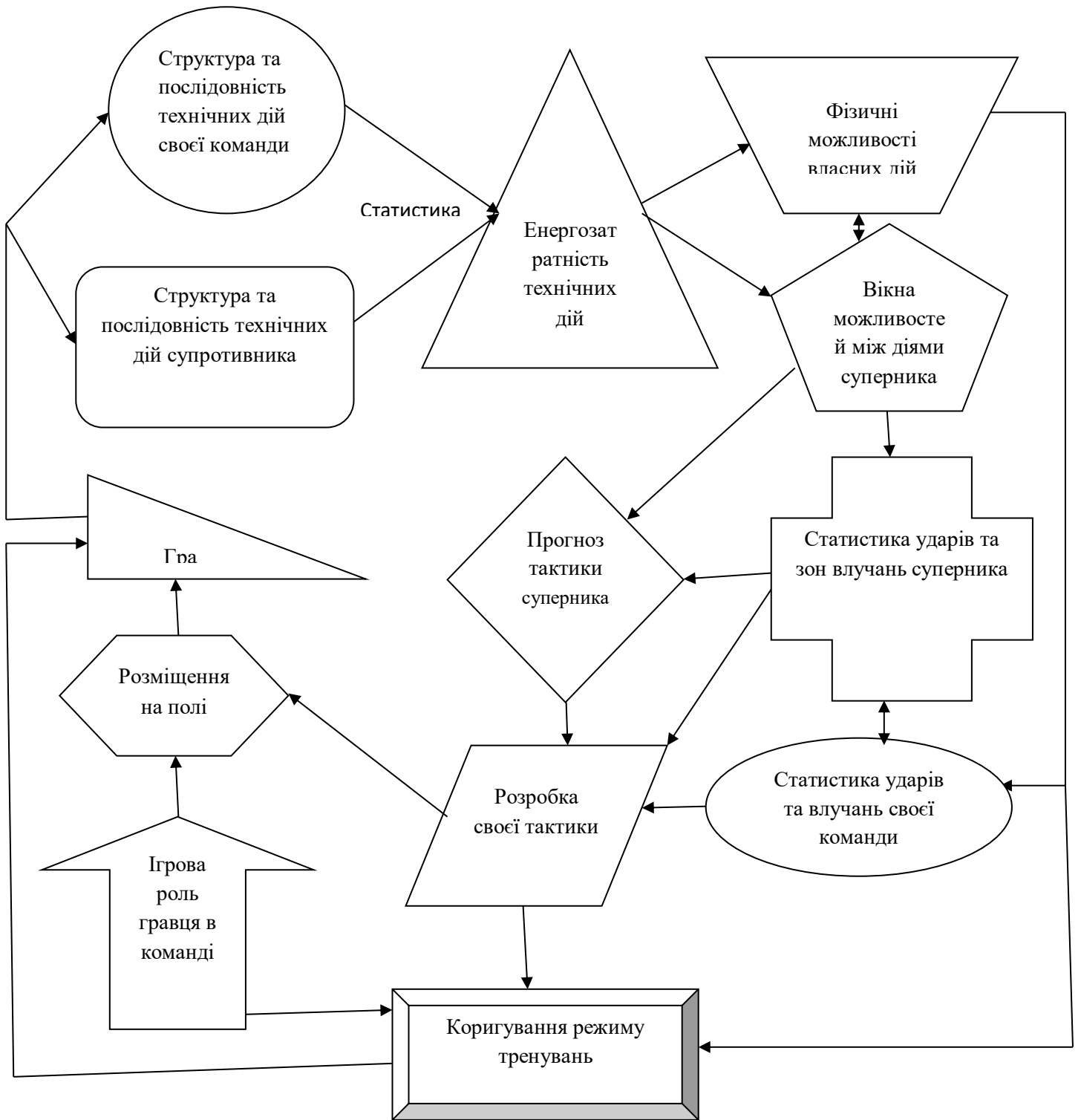


Рис 2.1. Алгоритм тактичного аналізу гри

Відповідно, аналіз слід розпочати з тактичної обстановки, обумовленої правилами гри. Потім оцінити типові дії команд з точки зору режиму

тренувань, що утворює певні рефлекси. Далі оцінити успішність їх дій в матчах та визначити оптимальні зони для атаки.

В ході тактичної підготовки власної команди необхідно покроково емулювати це у вигляді гри.

Для цього в ході даного дослідження передбачено розробку концепції та правил такої покрокової гри.

2.2. Методика дослідження

Для реалізації запланованих завдань необхідно в першу чергу створити чітку формалізовану картину тактичної структури волейбольного матчу, що дозволить розробити прогноз успішності команди в грі проти відомого суперника та визначити ті показники, корегування яких тренуваннями може підвищити шанси на успіх.

Так основою системи поточного контролю технічної майстерності команди стануть класичні параметри, які застосовуються в якості інструментарію тренера:

- Модельні характеристики команди – успішність у відсотках таких технічних дій, як: подача, прийом подачі, атака, захист, підстраховка, блок, пас під удар;

- Тактична модель – загальна кількість гравців та їх розподіл по амплуа: гравців першого темпу, догравальників, зв'язуючих, діагональних, ліберо;

- Командна схема – комплектація по амплуа стартової шістки, ігровий візерунок під час подачі та після подачі.

Класичну трійку буде доповнено додатковими модельними характеристиками: статистикою влучань в різні зони поля; математичною залежністю успішності подачі від номеру партії; статистикою успішності тактичних прийомів.

Означені дані буде використано для створення математичної моделі матчу, що дозволить у спрощеному варіанті прогнозувати успішність тієї чи іншої тактики своєї команди на певному етапі гри та успішність гри в цілому.

В розширеному варіанті можна буде повноцінно відобразити основні події на полі, що дозволить за допомогою трекінгу положення м'яча та гравців напрацювати розширений інструментарій тренерів та арбітрів.

1. Спрощена математична модель успішності гри.

Спрощена прогнозна модель по успішності гри може бути використана як інструмент букмекерської діяльності, засіб тренера для визначення

необхідності в посиленні певних аспектів підготовки та засіб відбору збірної команди різного складу.

В загальному вигляді це інтегральний показник, що включає означені складові.

$$\int_{n_{TA(min)}}^{n_{TA(max)}} n_{TA} \left(\frac{p_a}{n_{TA(a)}} \cdot \frac{p_p}{n_{TA(p)}} \right), (1)$$

де n_{TA} – прогнозована середня кількість технічних дій за матч; $n_{TA(a)}$ – прогнозована середня кількість атакуючих технічних дій; $n_{TA(p)}$ – прогнозована середня кількість захисних технічних дій; p_a – Імовірність успішного подолання захисту суперника, що визначається за формулою (2); p_p – Імовірність успішних захисних дій команди, що визначається формулою (3).

$$p_a = \frac{(q_a \cdot (1 - q_{p(o)}) \cdot (1 - q_m))}{1 - (q_{p(o)} \cdot (1 - q_{a(k)}) \cdot (1 - q_{m(o)}))}, (2)$$

де q_a – Імовірність успішних атакуючих дій за модельними показниками, яка визначається за формулою (4) і є середнім арифметичним диференціалів відсотку успішності таких дій по їх кількості, $q_{p(o)}$ – Імовірність успішних оборонних дій суперників, що визначається формулою (5) та є середнім арифметичним диференціалів відсотку успішності кожного типу дій по його загальній кількості; q_m – Імовірність помилки при виконанні технічних дій, яка для атакуючих дій визначається за формулою (6), а для оборонних формулою (7). Приставки (o) та (k) в нижніх індексах визначають відношення до команди чи опонента.

$$p_p = \frac{(q_p \cdot (1 - q_{a(o)}) \cdot (1 - q_m))}{1 - (q_{a(o)} \cdot (1 - q_{p(k)}) \cdot (1 - q_{m(o)}))}, (3)$$

Де q_p – Імовірність успішних оборонних дій, що визначається формулою (5) та є середнім арифметичним диференціалів відсотку успішності

кожного типу дій по його загальній кількості; $q_{a(o)}$ – Імовірність успішних атакуючих дій опонента за модельними показниками, яка визначається за формулою (4)

$$q_a = \left(\sum_{i=0}^n \left(\frac{dS}{ds} + \frac{dA}{da} + \frac{dD}{dd} + \frac{dC}{dc} \right) \right), (4)$$

де S – (Serve) подача; A – (Attack) атака; D – (Dig) пас під удар; C – (Cover) підстраховка; s – загальна частка подач; a – загальна частка атак; d – загальна частка пасів під удар; c – загальна частка підстраховок.

$$q_p = \sum_{i=0}^n \left(\frac{dDef}{ddef} + \frac{dSR}{dsr} + \frac{dB}{db} \right), (5)$$

де Def – (Defense) захист; SR – (Serve receive) прийом подачі; B – (Block) блокування; def – загальна частка дій з захисту; sr – загальна частка прийомів пасу; b – загальна частка блоків.

$$q_m = \sum_{i=0}^n \left(\frac{dm_S}{ds} + \frac{dm_A}{da} + \frac{dm_D}{dd} + \frac{dm_C}{dc} \right), (6)$$

Де m – імовірність помилки чи невдачі в зазначеному в індексі типі технічних дій за модельними показниками команди.

$$q_m = \sum_{i=0}^n \left(\frac{dm_{Def}}{ddef} + \frac{dm_{SR}}{dsr} + \frac{dm_B}{db} \right). (7)$$

Відповідно, спираючись на зазначені методики, можна розробити метод поточного прогнозування ефективності тактичних прийомів. Для цього потрібно апроксимувати формулу (2) для одного показника через закономірність падіння ефективності технічних дій залежно від номеру сету, а також доповнити отриману формулу імовірністю влучання в конкретну зону поля, що дасть можливість розрахувати імовірність успішності даної тактичної комбінації (8).

$$p_{TA} = \frac{(q_{TA} \cdot (1 - q_{CTA(o)}) \cdot (1 - q_m))}{1 - (q_{CTA(o)} \cdot (1 - q_{TA(k)}) \cdot (1 - q_{m(o)}))} \cdot f(N) \cdot p_z, (8)$$

де p_{TA} – Імовірність успішності технічних дій; q_{TA} – відсоток успішності технічної дії за модельними показниками (для конкретних випадків це буквенні показники формули 4); $q_{CTA(o)}$ – відсоток успішності контрдії до технічної дії за модельними показниками опонента (в прикладному сенсі це буквенні показники формули 5); p_z – Імовірність влучання при даному типі атакуючої комбінації відносно зони поля; $f(N)$ – Ефективність технічних дій відносно номеру сета.

Спираючись на формулу (8) та процент покриття поля за характеристиками командної схеми (зона покриття кожного з гравців за ігровим візерунком), можна прогнозувати успішність тієї чи іншої комбінації.

Даний підхід дозволить налаштувати електронний рандомайзер, щоб емалювати тактичну складову гри у вигляді настільної моделі. Це дозволить частково гейміфікувати уроки тактичної підготовки команди та більш наочно демонструвати ефективність тих чи інших комбінацій проти конкретної команди з відомими модельними показниками.

Відповідно, при втіленні даної методики на практиці потрібно:

1. Розробити розширену картку модельних показників команди та команди суперника;
2. Встановити закономірність взаємодії між технічними діями та контр діями;
3. Вивести закономірність технічних дій відносно номеру сета;
4. Створити розрахункову модель зон покриття поля гравцями при різних ігрових візерунках в рамках існуючих поширених тактичних прийомів за моделлю заповнення прямокутного поля кругами рівного радіусу Гауса;
5. Розрахувати можливості реакції на дії суперника в рамках траєкторії польоту м'яча, його швидкості та зони покриття гравцем і його реакції;

Все це дозволить розробити правила для настільної гри в електронному форматі, яка емулюватиме тактичному компоненту матчу в рамках гейміфікації технічної підготовки та дозволить тренеру оцінити ступінь відхилення в технічній підготовці команди від прогнозованої на основі її середніх модельних показників.

Як результат ми отримаємо методику моделювання що дозволить як прогнозувати результати матчу за порівнянням модельних показників команд, так і прогнозувати успішність окремих тактичних комбінацій; правила та структуру настільної гри-моделі волейбольного матчу; а також набір рекомендацій з розробки системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності команд за їх модельними показниками, трекінгом положення гравців та м'яча. Це дозволить в значній мірі коригувати систему підготовки команд під потрібні фізіологічні параметри.

Висновки до розділу 2.

1. Основна гіпотеза дослідження визначає, що поєднання статистики успішних влучань по типу ударів та зонам поля, розробленої індивідуально для команди з загальною статистикою та аналогічною статистикою супротивника дозволить розробити оптимальні корегування в стратегії гри та режимі тренувань.

2. До загальноприйнятих показників технічної майстерності відносять: модельні характеристики команди, тактичну модель та командну схему з їх складовими. В рамках дослідження пропонується доповнити модельні характеристики статистикою влучань в різні зони поля; математичною залежністю успішності подачі від номеру партії; статистикою успішності тактичних прийомів. Крім цього тактичну модель пропонується доповнити схемою зон покриття поля гравцями при різних ігрових візерунках в рамках існуючих поширених тактичних прийомів за моделлю заповнення прямокутного поля кругами рівного радіусу Лагранджа.

3. Гейміфікація технічної підготовки за рахунок створення настільної гри дозволить більш наочно розглядати ефективність тих чи інших комбінацій проти команди з конкретними модельними показниками, що дозволить тренеру здійснювати більш гнучкий підхід в плануванні тактики гри.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Моделювання суб'єкту дослідження

3.1.1 Модельні характеристики суб'єкту дослідження

Суб'єктом дослідження є команда, на прикладі якої проводилось пробне моделювання для підтвердження працездатності розробленої методики. В нашому випадку це збірна України з волейболу у 2021 році так як її основні параметри є в документі «Система відбору до складу чоловічої національної збірної команди України з волейболу для участі у чемпіонаті Європи 2021 року».

Як було вказано раніше, в основі моделі лежать модельні характеристики, тактична модель та командна схема.

Модельні характеристики чоловічої національної збірної команди України з волейболу 2021 року наведено в таблиці 3.1.

Табл. 3.1

Модельні характеристики суб'єкту дослідження

Показник	Позначення	Імовірність успіху, %	Імовірність невдачі, m %
Подача	S	47	8
Атака в боротьбі з блоком	A	39	12
Атака без блоку	A	48	12
Атака як контр дія при атаці суперника	A	25	12
Пас під удар	D	60	75
Пас під удар (неточний)	D	45	-
Підстраховка	C	56	8

Прийом подачі	SR	68	6
Захист	Def	50	8
Блок повний	B	10	20
Блок на зниження дій суперника	B	36	20

Аналіз означених даних демонструє потребу в покращенні навичок виконання пасу під удар.

Використання модельних характеристик волейбольної команди в плануванні тренувань та тактики гри є ключовим аспектом для досягнення успіху в цьому виді спорту.

Модельні характеристики можуть включати тактичні аспекти гри, такі як стратегії нападу, захисту, блокування та пасажу. Аналіз цих характеристик допомагає тренерам розробляти ефективні тактичні плани та стратегії гри.

Взаємодія гравців на полі, спілкування та розуміння тактики визначають основні оперативні розклади. Аналіз цих характеристик допомагає тренерам виявити сильні та слабкі сторони командної взаємодії та планувати тренування, спрямовані на покращення спілкування та спільної роботи на полі.

Тренери можуть використовувати модельні характеристики для відстеження прогресу гравців та команди в цілому. Це дозволяє тренерам адаптувати тренувальні програми та тактичні плани відповідно до потреб і можливостей команди.

Загалом, використання модельних характеристик допомагає тренерам краще розуміти свою команду, виявляти сильні та слабкі сторони гравців і команди в цілому, а також розробляти ефективні стратегії для досягнення успіху на полі.

Кожен гравець має свої сильні та слабкі сторони. Аналіз індивідуальних навичок допомагає тренерам визначити, де кожен гравець може найбільше

принести користь у команді. Наприклад, деякі гравці можуть мати сильні удари, тоді як інші можуть відрізнятися відмінною технікою прийому.

Сила і швидкість - це ключові фізичні характеристики у волейболі, які впливають на успішність гри.

Для професійних волейболістів середнє значення вертикального стрибка може бути від 70 до 90 см.

Максимальний жим гантелей або штанги може становити від 1,5 до 2 разів ваги тіла гравця.

Ці показники можуть варіюватися в залежності від рівня тренування, віку, статури та інших індивідуальних характеристик гравців. Тренери часто спрямовують тренування на підвищення сили та швидкості, щоб підготувати гравців до високих навантажень у волейбольних матчах. Оцінка фізичної підготовки може включати фізичні показники гравців, такі як швидкість, витривалість, сила і гнучкість. Оцінка цих характеристик допомагає тренерам визначити, які аспекти фізичної підготовки потребують покращення.

В ході відбору параметри тіла мають значний вплив на можливості гравця, тому існують певні стандарти при комплектуванні збірної України (Табл . 3.2).

Табл. 6.

Стандарти антропометричних параметрів для різних ігрових функцій

Ігрове амплуа	Довжина тіла, см	Маса тіла, кг
Розігруючий	187,3±0,34	84,1±0,73
“Атакуючий” захисник	194,6±0,17	90,7±0,42
“Легкий” форвард	199,1±0,66	94,9±0,51
“Важкий” форвард	205,1±0,45	102,2±0,94
Центровий	210,2±1,20	113,5±0,71

На чемпіонаті світу чоловіча збірна України мала такі антропометричні параметри: зріст $199,7 \pm 5,11$ та вагу $93,8 \pm 7,88$.

Тактична модель команди.

Стартова шістка в схемі 5-1 містить: 2 перших темпи, 2 догравальника, 1 зв'язуючий, 1 догравальник.

Загалом тактична модель містить 14 гравців з яких:

- гравці першого темпу: 4;
- догравальники: 4;
- зв'язуючі: 2;
- діагональні: 2;
- ліберо: 2;

Кількість ліберо, враховуючи їх можливість вільної заміни, виглядає дещо не раціональним, проте можливо це обумовлено тактикою гри.

1 вересня 2021 року розпочався чемпіонат Європи 2021, який проходив в чотирьох країнах: Польщі, Чехії, Естонії та Фінляндії. На турнірі збірна попала в групу А, де її суперниками стали збірні Польщі, Сербії, Португалії, Бельгії та Греції. Усі матчі групового етапу відбувалися в Польщі, у місті Краків, на арені Таурон Краків Арена.

Після проведених 5 матчів у групі збірна здобула перемоги у 3 з них. На жаль, цього виявилось недостатньо для безпосереднього виходу до наступного етапу, тож команда пройшла у 1/8 фіналу, де зіткнулася зі збірною Росії. Незважаючи на старання, збірна поступилася з рахунком 3:1. У підсумку команда посіла 13 місце на турнірі.

У Євролізі 2022, що проходила у Хорватії, в місті Вараждин, збірна України виступала в групі В разом з господарями турніру - хорватами, іспанцями та данцями. За результатами групового етапу команда здобула перше місце в усіх 6 матчах. У півфіналі українська збірна зіткнулася з чехами і поступилася рахунком 3:2. У матчі за третє місце українці зустрілися з хорватами і також поступились з рахунком 3:2.

На чемпіонаті світу 2022 збірна України вперше у своїй історії пройшла до чвертьфіналу, де поступилася господарям турніру - збірній Словенії з рахунком 1:3 на «Арені Стожиці» у Люблянці.

У 2023 році збірна України розпочала звичайний турнір Євроліги, вигравши груповий етап з рекордними 6 перемогами у 6 матчах із рахунком 3:0. У матчі за третє місце збірна України перемогла збірну Чилі.

Фактичний розширений склад збірної 2021 року наведено в Додатку таблиці 3.3.

3.1.2. Додаткові модельні характеристики – вплив номеру сету на успішність технічних дій ($f(N)$).

Для того, щоб доповнити існуючі модельні характеристики в межах розробленої моделі необхідно було провести аналіз матчів та визначити залежність ефективності виконання дій від номеру сету.

Аналіз існуючих записів гри збірної за 2021 рік демонструє розподіл ефективності по номеру сета (Рис 3.1).



Рис 3.1. Відсоток успішності технічних дій залежно від номеру сета

Як видно з графіку, це лінійна функція, яка досить значним чином впливає на ефективність дій гравців, визначаючи показник $f(N)$ в формулі (8).

Час впливає на успішність технічних дій через динаміку гри, фізичний стан гравців та психологічний фактор. Зазвичай в середині матчу гравці можуть відчувати втому, що може погіршити їхню концентрацію та точність виконання дій. Однак, якщо матч триває довше, команда може знаходитися в кращій грі, звикнути до тактики суперника або знаходити більше способів адаптації до гри.

Час реакції на м'яч - це показник, який вимірює час, який гравцю потрібен для реакції на м'яч після його відправлення суперником. Цей показник може бути важливим для оцінки швидкості реакції гравців, їхньої концентрації та відданості грі.

Час реакції на м'яч може коливатися від гравця до гравця та залежить від різних факторів, таких як рівень підготовки, досвід, концентрація та фізичні здібності. Швидкість польоту м'яча, на яку реагують спортсмени для волейболу як командного виду спорту становить 244 ± 13 м/с [22], а кількість об'єктів на які необхідно одночасно реагувати становить 6-8, залежно від комбінацій.

Нормальні значення реакції розрізняються залежно від підготовки, кваліфікації та досвіду гри. Зазвичай швидкість реакції досвідченого спортсмена I розряду на 13,3% вища за швидкість реакції гравця II розряду.

Молодші гравці та новачки: Час реакції може бути близько 0,7-1,2 секунди.

Досвідчені гравці: У висококласних спортсменів цей час може зменшуватися до 0,2-0,5 секунди.

При цьому тренування сенсомоторної реакції дають скорочення 0,03-0,05 с.

Професійні волейболісти можуть розвивати швидкість до 20-25 км/год у коротких пробіжках та здійснювати стрибок на 1-1,5 м [23].

Ці цифри надають загальну уяву про те, як швидко гравець може реагувати на м'яч. Точний час реакції може варіюватися в залежності від конкретних обставин та індивідуальних особливостей гравця. Оцінка цього показника може бути корисною для тренерів у плануванні тренувань та розвитку реакційних навичок у гравців.

Номер сету також може впливати на успішність технічних дій. У перших сетах команди можуть пробувати різні стратегії та оцінювати сильні та слабкі сторони суперника. У середніх сетах гравці можуть бути більш сконцентровані, оскільки результати стають більш вирішальними, тоді як у кінці матчу може з'явитися психологічний тиск на завершення гри.

Щодо зміни позицій після подачі, вона може впливати на успішність атаки та захисту. Після подачі гравці можуть займати оптимальні позиції для атаки або оборони, залежно від тактики команди та дій суперника. Зміна

позицій може створювати нові можливості для атаки або допомагати в кращому захисті від суперника.

3.1.3. Додаткові модельні характеристики – імовірність влучання в різні зони поля.

На основі аналізу записів ігор збірної України з волейболу було визначено ймовірність влучання супротивника в певну зону поля, яка залежить від ролі та позиції гравців (Рис 3.2).

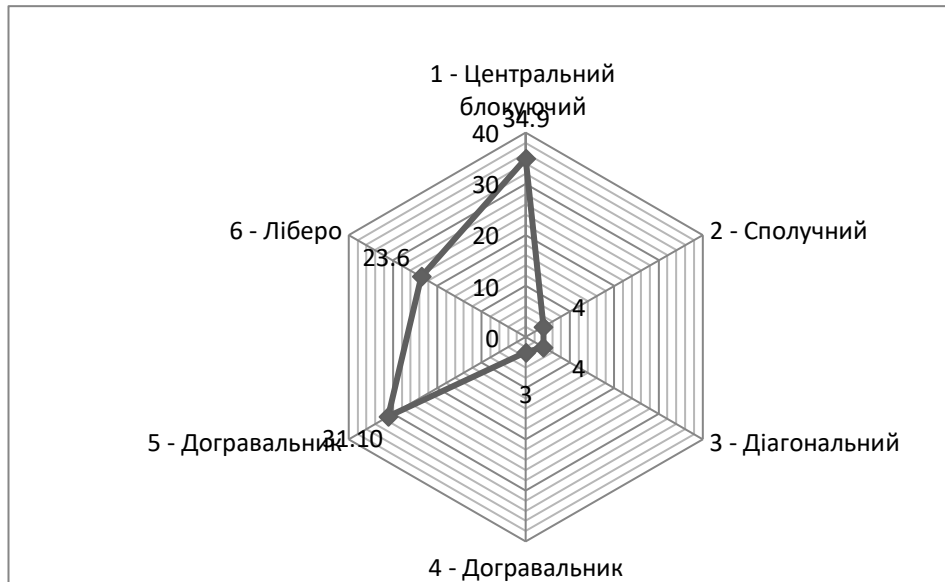


Рис 3.2. Імовірності влучання в різні зони ігрового поля

Зона 1 (Центральний блокуючий - 1-й номер): Імовірність влучання – 34,9%. Гравець цього амплуа зазвичай стоїть під сіткою і спеціалізується на блокуванні ударів суперників. Його висока імовірність успішного блокування збільшує ймовірність влучання в цю зону.

Зона 2 (Сполучний - 2-й номер): Імовірність влучання - 4%. Сполучний видає паси нападникам, визначаючи тактичні аспекти гри. Часто його рухи є передбачуваними, тому імовірність влучання в цю зону знижується.

Зона 3 (Діагональний - 3-й номер): Імовірність влучання - 4%. Діагональний гравець, як потужний нападник, зазвичай атакує з задньої лінії, що може збільшувати ймовірність успішної атаки в цю зону.

Зона 4 (Догравальник - 4-й номер): Імовірність влучання - 3%. Догравальник другого темпу атакує з країв сітки, де може мати менше простору для успішної атаки через більшу кількість блоків суперників.

Зона 5 (Догравальник - 5-й номер): Імовірність влучання – 31,1%.
Догравальник може бути менше захищений суперником, оскільки це не головний напрямок атаки команди. Таким чином, імовірність влучання в цю зону може бути вищою.

Зона 6 (Ліберо): Імовірність влучання - 23,6%. Ліберо має високу точність в прийомі м'яча та організації оборони, що робить його ефективним у захисті своєї зони. В той же час суперники можуть намагатися використовувати стратегії атаки, спрямовані на зону 6, ураховуючи меншу фізичну силу чи розмір ліберо порівняно з іншими гравцями. Також, враховуючи роль ліберо у захисті, суперники можуть вважати, що атакувати в зону 6 буде менш ризиковано, оскільки ймовірність успішної атаки зменшується через високий рівень оборони, який забезпечує ліберо.

3.2. Геометрична модель тактико-технічної обстановки під час матчу

3.2.1. Модель Лагранджа для відображення зон охоплення майданчика командою

Розрахуємо можливості зон покриття команди, спираючись на максимальну зону охоплення поля стрибком за одну технічну дію – приблизно 1,5 м.

Правильне пакування в діаметральній площині є відображенням найбільш щільної упаковки за теоремою Лагранжа про упаковку кругів при координаційному числі $\lambda = 6$, що є максимальним для упаковки поперечних перерізів однакових кругів в площині, де щільність упаковки наближається

$$\text{до } \eta_h = \frac{\pi}{\sqrt{12}} \approx 90,69\% \quad (9)$$

Без обмежувальних рамок таке пакування представлено стільниковою коміркою (Рис 3.3).

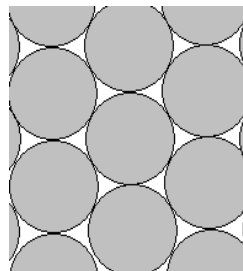


Рис 3.3 Зони контролю при найщільнішому розміщенні

В такому перерізі кожна зона контролю поєднуватиметься з сусідніми через свої вершини, тому кластер можна представити як 7 частинок шестикутників та 6 трикутників пор. В геометричному представленні такий кластер добре передається сукупністю шестикутників (Рис 3.4)

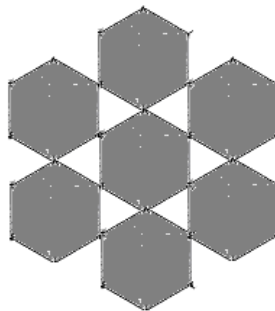


Рис 3.4. Геометричний сенс пакування кругів

В діаметральній площині проміжки між зонами контролю матимуть вигляд дельтоїдних трикутників з увігнутими гранями – кривих Штейнера (Рис 3.5).

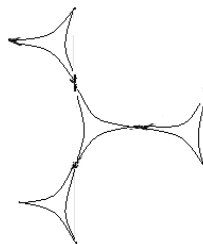


Рис 3.5. Проміжки між зонами контролю.

Так як кластери пакування кругів радіусом 1,5 м в квадраті з стороною 9 утворюють вписаний правильний шестикутник, який контактує з сторонами квадрата двома гранями та двома вершинами, ми можемо розрахувати, що в осі, утвореній вершинами, поміститься лише 3 круга з таким радіусом, тобто утворений кластер міститиме 7 зон контролю. При цьому площа, еквівалентна ще приблизно двом таким зонам також лишатиметься не покритою.

Проте, так як ігрова зона для однієї команди обмежена квадратом 9х9 м, а радіус зони контролю 1,5 м, найбільш щільним виявиться пакування в ряд, що дозволить повноцінно вмістити в ігрове поле 9 зон контролю (Рис 39), отримавши проміжки між ними у вигляді увігнутих ромбів.

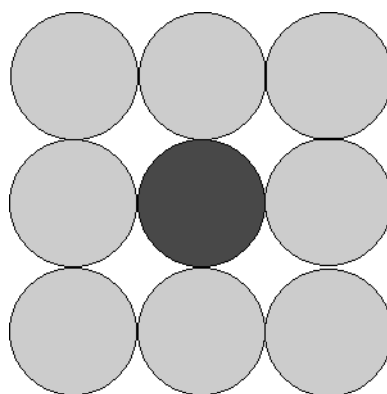


Рис 3.6. Розміщення найбільшої кількості зон контролю на полі

При розміщенні в 3 ряди повноцінно покриватиметься все поле 9 зонами контролю. Це означає, що 6 гравців покривають дві третіх площі поля за максимально ефективних переміщень.

Їх загальна зона контролю становитиме (10) $42,39 \text{ м}^2$, що становить 52,3% від площі частини поля (81 м^2), що контролює команда.

$$S_c = 6\pi r^2 = 42,39 \text{ м}^2 \quad (10)$$

При цьому максимально тісне розміщення 9 зон контролю дає $63,585 \text{ м}^2$, що становить 78,5% від площі поля.

Це означає, що навіть при максимальній рухливості та розподілу на полі професійні гравці не здатні повністю контролювати більше його половини. Ситуація погіршується ще тим, що для виконання тактичних комбінацій потрібно заходити в зони контролю інших гравців, а для блоку підходити до сітки.

В той же час, так як волейбол є грою в просторі, значення має також висота польоту м'яча. Зазвичай м'яч літає на висоті близько 2,43 метра над рівнем майданчика. Висота стрибка професійного спортсмена становить 50-60 см, що в сумі з зростом дає $249,7 \pm 15,11$, які перекривають середню висоту польоту м'яча навіть без урахування довжини руки.

Це означає, що для перехоплення подачі можна не тільки діставати її в межах своєї зони контролю на площині, а й діставати на траєкторії польоту в повітрі.

Існують різноманітні типи передач у волейболі, які відрізняються за спрямуванням, довжиною траєкторії та висотою польоту м'яча. Щодо спрямування, передачі можуть бути вперед, вище гравця чи назад. Щодо довжини, вони поділяються на довгі, які перетинають зону, короткі між зонами та укорочені в межах зони. Одночасно враховується висота траєкторії, де високі перевищують 2 метри, середні до 2 метрів, а низькі до 1 метра. Комбінація цих параметрів (довжини і висоти) визначає швидкість польоту м'яча при передачі, яка може бути повільною, прискореною або швидкісною [24]. Також передачі можуть бути спрямовані ближче до сітки - до 0,5 м, або віддалені від неї на відстань більше 0,5 метра.

Максимальна висота польоту м'яча в волейболі зазвичай обмежена висотою стелі або даху в спортивній арені, де проводиться гра. У

професійних майданчиках висота стелі може бути від 12 до 20 метрів. При максимальній швидкості польоту м'яча в 120 км/год за силового удару це 33,3 м/с, а це означає, що умовні 24-40 (насправді більше через політ під кутом) метрів будуть подолані за 0,72-1,2 с, а майданчик довжиною в 9 м за 0,27 с.

Середня швидкість польоту волейбольного м'яча становить 60 км/год [25], що дає 1,44-2,4 та 0,54 с на реакцію відповідно. Гравець за матч долає близько 750 м.

Враховуючи те, що дальність ривка в середньому становить 30-40 см за 0,2-0,3 с, на дальній частині поля часу більш, ніж достатньо, а в ближній відбувається змагання на реакцію. Саме тому статистично найбільша частина перехоплень відбувається ближче до сітки, але лише одна зона з трьох має підвищений відсоток імовірності пропуску м'яча.

На практиці через те, що переміщення м'яча відбуваються по кривим або при силових ударах лінійним траєкторіям в просторі ці відстані є дещо більшими, а швидкості меншими.

3.2.2. Перспективи гейміфікації розробленої методики

Ігрове поле утворюється двома рівними квадратами. На ігрове поле наноситься розмітка, аналогічна реальній розмітці волейбольного поля. М'яч зображується малою фішкою, яку можна поставити на поле, краще, щоб радіус її основи був в 10 раз менше «довжини зеленої нитки».

На них розміщуються по 6 фігурок, до кожної з яких знизу прикріплено зелену нитку з відміткою на третині довжини, довжиною $1/6$ довжини поля з вантажем у вигляді маленького металічного щитка, що зображає зону покриття гравців (одна, що зображає ліберо має бути іншого кольору).

Друга нитка з вантажем-магнітом кріпиться зверху, має червоний колір та довжину не менше двох довжин поля. Ця нитка зображує траєкторію польоту м'яча і використовується, коли фішка, що його зображає перебуває у гравця, що керує фігуркою.

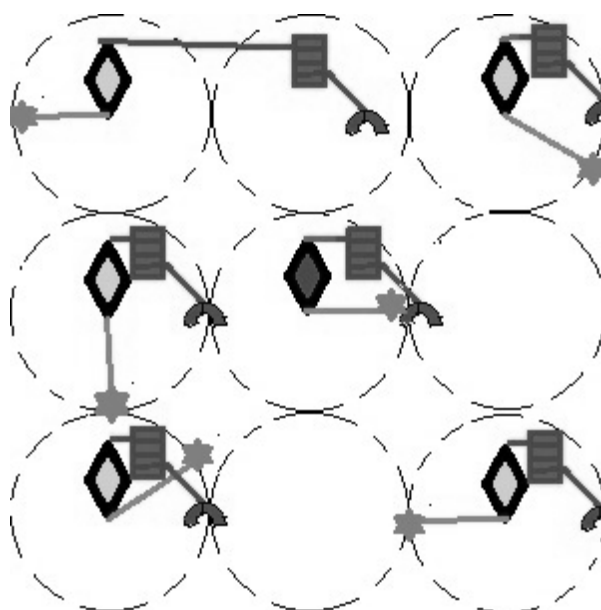


Рис 3.6. Концепція настільної гри

В ході подачі, той в кого м'яч примагнічує до кінця червоної нитки його фішку, називає в голос тип дії, яку здійснює (подача, силова атака, силова атака в стрибку, планеруюча і т.д.) та протягує її до координат, куди проводить атаку чи передачу, позначаючи ниткою траєкторію руху.

Після цього гравці здійснюють зміщення, в будь-яку зону, обмежену довжиною зеленої нитки та називають в голос дії, які вони здійснюють. Гравці,

що перемістились на траєкторію польоту м'яча можуть спробувати здійснити перехоплення на траєкторії.

Якщо відбулось зміщення в межах третини довжини нитки, то гравець здійснив ривок і може виконувати будь-який тип контр дії, включаючи силові атаки зі стрибком.

Якщо відбулось переміщення стрибком, тобто на кінець нитки, спектр можливостей обмежено. В проміжку між третиною та межею дальності допускається все, що не містить стрибку на місці.

Після озвучення дій гравців гейм-майстер використовує автоматичний розрахунок для даних контр-дій, за наведеною в роботі формулою (8) та вмикає рандомайзер, що на основі отриманої ймовірності вказує чи вдалась дія. Ті дії, що вдалились частково, повторно обраховуються за наступним типом, наприклад, при провалі пасу під удар, розрахунок проводиться повторно для неточного пасу під удар, а так як його провал не передбачено, то якщо рандомайзер покаже невдачу, це знизить імовірність успіху того, хто прийняв пас.

Майстер також виконує роль судді, орієнтуючись в правилах переміщень та виконання технічних дій на правила волейболу.

Як і в правилах волейболу, допускається перебування м'яча в межах однієї сторони поля протягом двох таких ходів. Кожен тип технічної дії за своєю імовірністю успіху прирівнюється до модельних показників команди та розраховується за розробленими в дипломній роботі формулами, автоматично. Для цього можна використовувати таблицю Excel з вписаною формулою, або реалізувати окремий додаток. Відповідно, влучання є беззаперечним, якщо жодна з зелених ниток не змогла покрити координати, куди «прилетів м'яч», в інших випадках успіх розраховується за ймовірностями за допомогою рандомайзеру.

3.3. Розробка рекомендацій для системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності волейбольних команд

Система поточного та оперативного контролю технічної майстерності волейбольних команд - це комплекс заходів та процесів, спрямованих на постійний моніторинг, аналіз та поліпшення технічних навичок гравців волейбольної команди. Основною метою цієї системи є підвищення рівня технічної майстерності гравців для досягнення кращих результатів в грі.

Системи поточного та оперативного контролю технічної майстерності волейбольних команд мають включати:

1. Відеоаналіз і тренувальні сесії: Записи тренувань та матчів дозволяють тренерам та гравцям аналізувати техніку гри, виявляти помилки та розробляти стратегії поліпшення.

Рекомендую використовувати сучасні засоби трекінгу положення м'яча та гравців під час відеоаналізу та тренувальних сесій для підвищення ефективності навчання і покращення технічних навичок волейболістів. Ось кілька засобів, які можна використовувати:

- Optical Tracking Systems (Оптичні системи відстеження).

Принцип дії: Ці системи використовують камери, розміщені навколо майданчика, для відстеження рухів м'яча та гравців. Система аналізує відеозаписи і визначає точне положення кожного об'єкта у просторі.

Приклади: SportVU, Kinexon, STATSports.

- Inertial Measurement Units (Інерційні вимірювальні пристрої):

Принцип дії: Ці пристрої вбудовані в спеціальні датчики, які фіксують рухи гравців та м'яча в реальному часі. Вони вимірюють прискорення та обертання об'єктів.

Приклади: Catapult Sports, Zebra Technologies.

- Computer Vision Systems (Системи комп'ютерного зору):

Принцип дії: Ці системи використовують алгоритми комп'ютерного зору для автоматичного визначення рухів м'яча та гравців на відеозаписах. Вони аналізують кожен кадр відео та визначають положення об'єктів.

Приклади: ChyronHego, Kinovea.

- GPS Trackers (Трекери за допомогою GPS):

Принцип дії: Ці пристрої використовуються для вимірювання рухів гравців на майданчику. Вони зазвичай розташовані в спеціальних нарукавниках або жилетах гравців.

Приклади: Playertek, Catapult Sports.

Використання засобів трекінгу положення м'яча та гравців під час відеоаналізу та тренувальних сесій дозволить отримати детальну інформацію про рухи гравців, їх позиції на майданчику та взаємодію з м'ячем. Це допоможе тренерам та гравцям виявляти слабкі сторони, вдосконалювати техніку гри та приймати більш обґрунтовані стратегічні рішення.

2. Статистичний аналіз. Збір та аналіз статистичних даних під час тренувань і матчів допомагає виявляти тенденції та слабкі сторони в грі гравців.

Для ефективного контролю технічної майстерності волейбольної команди, рекомендується використовувати різноманітні методи аналізу гри.

Спочатку, модельні показники команди вказують на загальний рівень володіння грою. Вони включають в себе обігрування м'яча, ефективність атак та якість захисту.

Далі, аналізується, в які зони поля найчастіше призводять успішні атаки та блоки. Це допомагає визначити сильні та слабкі сторони гри команди.

Також, важливо дослідити зміни в ефективності гри протягом окремих сетів матчу, щоб виявити фактори, що впливають на зниження результативності.

Нарешті, аналізуються успішність виконання тактичних прийомів та комбінацій під час гри. Ці дані допомагають тренерам розробляти стратегії для подальшого покращення гри команди.

Всі ці методи допомагають тренерам та аналітикам краще розуміти гру команди та розвивати її технічну майстерність.

3. Індивідуальний підхід: Розробка індивідуальних програм тренувань для кожного гравця з урахуванням його потреб і особливостей.

Техніка переміщень є ключовою для підготовки гравців до ефективної гри. Тренування можуть включати стартові рухи з різними рівнями інтенсивності (середні, високі, низькі), рухи кроком, подвійні кроки та перехресні кроки.

Техніка нападу, зокрема передача, вимагає вдосконалення точності та сили удару. Тренування може включати роботу над технікою передачі, розвиток швидкості руху м'яча та його точності.

Техніка захисту, зокрема прийоми, важлива для ефективного блокування атак супротивника. Тренування може включати вправи з покращення координації рухів, швидкості реакції та точності прийому м'яча.

Для підготовки гравців до цих викликів, тренування повинні бути різноманітними, включаючи роботу над технічними аспектами переміщень, нападу та захисту. Тренування можуть включати симуляцію гри, вправи на розвиток швидкості та сили, а також вправи для покращення координації та точності рухів.

Для кожного з ігрових амплуа волейболістів потрібні специфічні типи тренувань, які враховують їхні ролі та вимоги гри.

Центральний блокуючий (1-й номер) потребує тренування з фокусом на техніку блокування та реакцію на атаки супротивника.

Вправи на підвищення сили та підготовки до стрибків.

Сполучний (2-й номер) потребує тренування на розвиток точності та сили у передачах.

Вправи на покращення швидкості переміщення на корті та реакції на гру суперників.

Діагональний (3-й номер) потребує технічні тренування з фокусом на атаку з задньої лінії.

Вправи на підвищення стрибучості та точності ударів.

Догравальник (4-й та 5-й номери) потребує тренування на підвищення швидкості переміщення по корті.

Вправи на розвиток техніки удару з країв сітки та прийому м'яча.

Ліберо потребує спеціалізовані тренування на підвищення реакції та прийому м'яча.

Вправи на покращення техніки оборони та швидкості виконання дій.

Кожен тип тренувань має бути адаптований до конкретних потреб кожного гравця з урахуванням його ігрового амплуа та ролі в команді.

4. Постійне навчання і самовдосконалення: Сприяння навчання та розвитку гравців через проведення майстер-класів, тренінгів та інших форм навчання.

5. Підготовка та аналіз звітів: Складання звітів та аналіз їх результатів для прийняття рішень щодо подальших дій у вдосконаленні технічної майстерності.

Ця система є важливою складовою процесу тренування та підготовки волейбольних команд на будь-якому рівні, від аматорського до професійного, і сприяє досягненню високих спортивних результатів.

Висновки до розділу 3.

Отже, в результаті дослідження було проведено моделювання розширених модельних показників волейбольної збірної України 2021 року, куди включено також антропометричні дані. Було визначено її склад, відсоток успішності кожної з технічних дій, що фігурують у розробленій математичній моделі.

Визначено ряд ключових показників: 1) середній зріст $199,7 \pm 5,11$ та вага $93,8 \pm 7,88$ кг; 2) середнє значення вертикального стрибка може бути від 70 до 90 см; швидкість польоту м'яча, на яку реагують спортсмени 244 ± 13 км/год; час реакції новачків може бути близько 0,7-1,2 с, досвідчених гравців 0,2-0,5 с; швидкість у коротких пробіжках до 20-25 км/год; стрибок на 1-1,5 м ; імовірності влучання по зонам поля: I - 34,9%, II - 4%, III - 4%, IV - 3%, V - 31,1%, VI - 23,6%; середня висота польоту мяча - 2,43 м; середня висота стрибка - 50-60 см; покриття з урахуванням зросту - $249,7 \pm 15,11$ см; висота стелі може бути від 12 до 20 метрів; середня швидкість польоту волейбольного м'яча - 60 км/год; час на реакцію від стелі і на дальній кінець поля - 1,44-2,4 та 0,54 с; середня відстань покрита за матч одним гравцем - 750 м; дальність ривка - 30-40 см за 0,2-0,3 с.

Проведено аналіз падіння ефективності технічних дій з кожним наступним сетом, що визначається функцією $y = -9,559x + 112,0$ з коефіцієнтом регресії $R^2 = 0,976$, що робить її релевантною.

Створено геометричну модель покриття поля гравцями. Загальна зона контролю команди над полем - $42,39 \text{ м}^2$, що становить 52,3% від його площі. Це визначається формулою Лагранджа. Проте, через обмеження площею квадрату найкращим способом розміщення кіл, які позначають зону контролю радіусом 1,5 м є не стільникове найбільш щільне пакування, паралельне в ряд, що дає 9 зон контролю замість 7 при стільниковому.

Розроблені моделі та математичний апарат використано для створення настільної гри, завданням якої є емуляція тактики волейбольного матчу.

Ігрове поле складається з двох рівних квадратів. М'яч, який зображується малою фішкою, розміщується на полі. Радіус основи фішки м'яча в 10 разів менше "довжини зеленої нитки".

На полі розміщуються шість фігурок, до кожної з яких знизу прикріплена зелена нитка. Ці нитки мають відмітку на третині своєї довжини, довжиною $1/6$ довжини поля. Кожна нитка має вантаж у вигляді маленького металічного щитка і показує зону покриття гравців. Фішка, що зображає ліберо, має відрізнятися за кольором.

Друга нитка, яка має червоний колір, кріпиться зверху та має довжину не менше двох довжин поля. Ця нитка відображає траєкторію польоту м'яча і використовується, коли фішка, яка зображує м'яч, перебуває у гравця, що керує фігуркою.

Під час подачі гравець, до якого м'яч примагнічується до кінця червоної нитки, називає тип дії, яку здійснює (подача, силова атака, силова атака в стрибку, планеруюча і т. д.) та проводить ниткою траєкторію руху. Після цього гравці здійснюють зміщення в будь-яку зону, обмежену довжиною зеленої нитки, та називають дії, які вони здійснюють. Майстер розраховує вдалість дій за розробленими формулами та визначає чи вони вдалі через рандомайзер.

В цьому плані гра нагадує рольову модель D&D, де замість кубиків прикладні статистичні дані.

ВИСНОВКИ

У ході початкового етапу дослідження ми аналізували доступну інформацію про правила, технічні особливості та історію розвитку гри у пляжний волейбол, а також основні напрямки наукових досліджень, пов'язаних з цим видом спорту. Ми зібрали список найбільш поширених помилок та сигналів, які їх позначають, і узагальнили їх у таблиці. Описали вимоги до майданчика, спорядження гравців, організацію та проведення змагань, а також перелічили основні типи турнірів та інших заходів, що проводить Міжнародна федерація волейболу (FIVB).

Далі, ми розглянули і узагальнили історичні дані про створення та поширення пляжного волейболу, відзначивши ключові постаті в його формуванні, такі як Вільям Джей Морган і Альфред Т Хальстед. Ми проаналізували історичні передумови та досягнення країн та гравців у світовій лізі волейболу та Гран-прі.

У науковому аспекті, ми відзначили значний прогрес у відстеженні технічних дій за допомогою нейронних мереж, дослідження тактики гри та оцінки фізичних характеристик гравців. Також, були розроблені алгоритми оцінки різних технічних аспектів гри команд та вивчені статистичні дані щодо тактики гри за типами ударів та зонами влучання.

Узагальнення цих даних дозволить розробити якісну систему поточного та оперативного контролю технічної майстерності команди, спираючись на аналіз матчів з використанням розробленої моделі тактичної та статистичної структури гри.

Основна гіпотеза дослідження стверджує, що поєднання статистики успішних ударів та зон на полі, розробленої індивідуально для команди, з загальною статистикою та аналогічними даними супротивника, дозволить розробити оптимальні корегування в стратегії гри та режимі тренувань.

До загальноприйнятих показників технічної майстерності включаються модельні характеристики команди, тактична модель та командна схема. Пропонується доповнити модельні характеристики статистикою влучань в

різні зони поля, математичною залежністю успішності подачі від номеру партії та статистикою успішності тактичних прийомів. Також, пропонується доповнити тактичну модель схемою зон покриття поля гравцями при різних ігрових візерунках.

Серед комбінацій технічних дій, реалізованих через тактичні прийоми, відзначаються: подача (Serve), Підйом (Set and spike), Блок-аут (Block-out), Розгін (Quick spike), Підвищена атака (Back row attack), Фінт атаки (Feint spike), Перший темп (First tempo), Другий темп (Second tempo), Зона (Zone), Зліт (Lift), Простріл (Shot), Напівпростріл (Half-shot), Повернення (Return), Подвійне повернення (Double return), Дужка (Dig), Моріта (Morita), Хрест (Cross) (передній (Front), Зворотній (Reverse), Подвійний (Double), Малий (Small), Великий (Big)), Хвиля (Wipe), Ешелон (Tandem).

Використання гейміфікації технічної підготовки через створення настільної гри дозволить тренеру краще оцінити ефективність різних комбінацій проти команди з конкретними модельними показниками, що забезпечить більш гнучкий підхід в плануванні тактики гри.

У результаті нашого дослідження ми виявили цілий ряд ключових показників, які визначають характеристики та успішність волейбольної збірної України у 2021 році. Серед них:

1. Середній зріст гравців складає $199,7 \pm 5,11$ см, а вага - $93,8 \pm 7,88$ кг.
2. Середнє значення вертикального стрибка коливається від 70 до 90 см.
3. Швидкість польоту м'яча, на яку реагують спортсмени, становить 244 ± 13 км/год.
4. Час реакції новачків оцінюється приблизно у 0,7-1,2 с, а досвідчених гравців - у 0,2-0,5 с.
5. Швидкість у коротких пробіжках досягає 20-25 км/год, а стрибок - від 1 до 1,5 м.

6. Імовірності влучання по зонам поля розподілені наступним чином: I - 34,9%, II - 4%, III - 4%, IV - 3%, V - 31,1%, VI - 23,6%.

7. Середня висота польоту м'яча складає 2,43 м, а середня висота стрибка - 50-60 см.

8. Покриття з урахуванням зросту гравців - $249,7 \pm 15,11$ см, а висота стелі може бути від 12 до 20 метрів.

9. Середня швидкість польоту волейбольного м'яча становить 60 км/год, а час на реакцію від стелі та на дальній кінець поля - 1,44-2,4 та 0,54 с.

10. Середня відстань, пройдена одним гравцем за матч, - 750 м, а дальність ривка - 30-40 см за 0,2-0,3 с.

Наше дослідження також показало, що ефективність технічних дій падає з кожним наступним сетом, що підтверджує функція $y = -9,559x + 112,0$ з коефіцієнтом регресії $R^2 = 0,976$.

Ми створили геометричну модель покриття поля гравцями, де загальна зона контролю команди становить 42,39 м², що складає 52,3% від його площі.

Крім того, ми розробили математичні моделі для створення настільної гри, яка емулює тактику волейбольного матчу. В цій грі ігрове поле складається з двох рівних квадратів, а м'яч зображується малою фішкою, яка розміщується на полі, використовуючи формулу Лагранджа для визначення оптимального розміщення зон контролю.

Такий підхід нагадує рольові ігри, де статистичні дані замінюють кубики, що дозволяє узагальнити та аналізувати результати гри з урахуванням числових показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dearing, J.B. (2007). The Untold Story of William G. Morgan, Inventor of Volleyball. WATSON Press. ISBN: 1595941894, 9781595941893. (112 p.)
https://books.google.com.ua/books/about/The_Untold_Story_of_William_G_Morgan_Inv.html?id=UOI8TsrKFnwC&redir_esc=y
2. Профіль Лібо на Сайті Залу волейбольної слави США. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://web.archive.org/web/20130224043721/http://www.volleyhall.org/Libaud.pdf>
3. "Volleyball chief Ruben Acosta steps down from IOC". CBC.
<https://www.cbc.ca/sports/volleyball-chief-ruben-acosta-steps-down-from-ioc-1.498262> Retrieved 3 December 2023.
4. Wikipedia contributors. (2023, December 30). FIVB Volleyball World Grand Prix. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 00:23, January 11, 2024, from
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=FIVB_Volleyball_World_Grand_Prix&oldid=1192651988
5. Wikipedia contributors. (2023, December 30). FIVB Volleyball World Grand Prix. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 00:28, January 11, 2024, from
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=FIVB_Volleyball_World_Grand_Prix&oldid=1192651988
6. B.O., Artemenko. (2014). The significance of the tactical training of volleyball players of different skill levels in their play activities. Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports. 1. 10.6084/m9.figshare.894384.

7. Olha S. (2015). Features technical and tactical training of volleyball players of high class of different roles. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport*, 4(48), 105–110. <https://doi.org/10.15391/snsv.2015-4.020>
8. Oliinyk, I., Doroshenko, E., Melnyk, M., Sushko, R., Tyshchenko, V., & Shamardin, V. (2021). Modern Approaches to Analysis of Technical and Tactical Actions of Skilled Volleyball Players. *Physical Education Theory and Methodology*, 21(3), 235–243. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2021.3.07>
9. Szabo, D. A., & Sopa, I. S. (2015). Study on the Interpretation of the Results in a Volleyball Game by Using a Specific Program of Statistics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 180, 1357-1363. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.277>
10. Kaya, A. (2014). Decision Making by Coaches and Athletes in Sport. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 152, 333-338. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.205>
11. Liu, J., Huang, G., Hyypä, J., Li, J., Gong, X., & Jiang, X. (2023). A survey on location and motion tracking technologies, methodologies and applications in precision sports. *Expert Systems with Applications*, 229(Part A), 120492. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120492>.
12. Raiola, F., Parisi, G., & Napolitano, S. (2014). Sports Skills in Youth Volleyball by Video Analysis Teaching Method Gaetano. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 117, 436-441. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.241>.
13. Schrapf, N., Hassan, A., Wiesmeyr, S., & Tilp, M. (2022). An Artificial Neural Network Predicts Setter's Setting Behavior in Volleyball Similar or Better than Experts. *IFAC-PapersOnLine*, 55(20), 612-617. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.163>.
14. Jäger, J. M., & Schöllhorn, W. I. (2012). Identifying individuality and variability in team tactics by means of statistical shape analysis and multilayer perceptrons. *Human Movement Science*, 31(2), 303-317. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.09.005>.

15. Mariya A. Yukhymenko-Lescroart (2021). The role of team and sport social contexts: Are three-level models needed in studies of sport conduct? *Psychology of Sport and Exercise*, 53, 101848.

<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101848>.

16. Niu, M. (2023). Sports Training Strategies Based on Data Mining Technology. *Procedia Computer Science*, 228, 847-856.

<https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.11.112>.

17. Ляхова Т.П., Парамей О.А.(2018) Аналіз використання різних видів атакуючих дій у пляжному волейболі. Проблеми і перспективи розвитку спортивних ігор та єдиноборств у вищих навчальних закладах, 2, с 34-37 <https://journals.uran.ua/pprsievnz/article/view/124305/118860>

18. Гунченко, В. В. (2018) Ефективність подач як вагомий фактор змагальної діяльності у пляжному волейболі. *Фізична культура, спорт та здоров'я нації* (6). pp. 122-129. URI:<http://eprints.zu.edu.ua/id/eprint/28155>

19. Мельник А. Ю (2019) Методика для аналізу статистичних даних стосовно виконання різних способів подачі у змаганнях з пляжного волейболу. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова*, 5(113), с 93-97 <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/25524/Melnyk.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

20. Штейнбах В. Л. Велика олімпійська енциклопедія. — К. : Олимпия Пресс, 2006. — Т. 1 : А—Н. — 784 с

21. Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Фізичне виховання» (складання тестових нормативів з волейболу) (для студентів всіх освітніх програм Університету) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Д. О. Смоляков. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 49 с.

22. Губа В.П. Теорія і методика спортивних ігор: підручник / В.П. Губа. - М.: Спорт, 2020. - 720 с Режим доступу:

https://books.google.com.ua/books?id=o5zwDwAAQBAJ&hl=uk&source=gbs_navlinks_s

23. Bobbert M. F and Van Soest AJ. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc* 1994. – P. 1012–1020.

24. Atom. Передача м'яча зверху двома руками. // Методика навчання гри у волейбол. Тактика, стратегія гри. Рекомендації та поради для початківців, як правильно грати у волейбол. Блог на електронному ресурсі. Допис 8 лютого 2012 року. Режим доступу: https://pulvinar.blogspot.com/p/blog-page_2458.html

25. Цікаві факти про гру у волейбол // Електронний ресурс. Допис 10 Березня 2023 р. Режим доступу: <https://s4s.in.ua/ua/n311036-interesnye-fakty-pro.html>

ДОДАТКИ

Додаток А. Визначні особистості в історії волейболу



Рис 1. Вільям Джей Морган,
винахідник волейболу



Рис 2. Альфред Т. Гальстед



Рис 3. Поль Лібо – Перший
президент FIVB



Рис 4. Рубен Акоста – другий
президент FIVB

Додаток Б. Емблеми основних змагань



Рис 1.5. Емблема Світової ліги з волейболу








































Рис 1.6. Емблема Світового Гран-Прі

Додаток В. Результати матчів Світової ліги волейболу

Табл. 1.1.

Світова ліга з Волейболу [4]

Рік	Місто	Переможець	Результат фіналу	Фіналіст	3-є місце	Результат матчу за 3- є місце	4-е місце
1	2	3	4	5	6	7	8
1990	 Осака	 Італія	3:0	 Нідерланди	 Бразилія	3:1	 СРСР
1991	 Мілан	 Італія	3:0	 Куба	 СРСР	3:1	 Нідерланди
1992	 Генуя	 Італія	3:1	 Куба	 США	3:1	 Нідерланди
1993	 Сан-Паулу	 Бразилія	3:0	 Росія	 Італія	3:0	 Нідерланди
1994	 Мілан	 Італія	3:0	 Куба	 Бразилія	3:2	 Болгарія
1995	 Ріо-де-Жанейро	 Італія	3:1	 Бразилія	 Куба	3:2	 Росія
1996	 Роттердам	 Нідерланди	3:2	 Італія	 Росія	3:2	 Куба
1997	 Москва	 Італія	3:0	 Куба	 Росія	3:0	 Нідерланди
1998	 Мілан	 Куба	—*	 Росія	 Нідерланди	—*	 Італія

1	2	3	4	5	6	7	8
1999	 Мар-дель-Плата	 Італія	3:1	 <u>Куба</u>	 Бразилія	3:1	 Росія
2000	 Роттердам	 Італія	3:2	 Росія	 Бразилія	3:0	 Югославія
2001	 Катовице	 Бразилія	3:0	 Італія	 Росія	3:0	 Югославія
2002	 <u>Белу-Оризонт</u> , <u>Ресіфі</u>	 Росія	3:1	 Бразилія	 Югославія	3:1	 Італія
2003	 Мадрид	 Бразилія	3:2	 Югославія	 Італія	3:1	 <u>Чехія</u>
2004	 Рим	 Бразилія	3:1	 Італія	 <u>Сербія та</u> <u>Чорногорія</u>	3:0	 Болгарія
2005	 Белград	 Бразилія	3:1	 <u>Сербія та</u> <u>Чорногорія</u>	 <u>Куба</u>	3:2	 <u>Польща</u>
2006	 <u>Москва</u>	 Бразилія	3:2	 <u>Франція</u>	 Росія	3:0	 Болгарія
2007	 Катовице	 Бразилія	3:1	 Росія	 США	3:1	 <u>Польща</u>
2008	 Ріо-де-Жанейро	 США	3:1	 Сербія	 Росія	3:1	 Бразилія
2009	 Белград	 Бразилія	3:2	 Сербія	 Росія	3:0	 <u>Куба</u>

1	2	3	4	5	6	7	8
2010	 Кордова	 Бразилія	3:1	 Росія	 Сербія	3:2	 Куба
2011	 Гданськ — Сопот	 Росія	3:2	 Бразилія	 Польща	3:0	 Аргентина
2012	 Софія	 Польща	3:0	 Росія	 Куба	3:2	 Болгарія
2013	 Мар- дель- Плата	 Росія	3:0	 Бразилія	 Італія	3:2	 Болгарія
2014	 Флорен- ція	 Росія	3:1	 Бразилія	 Італія	3:0	 Іран
2015	 Ріо-де- Жанейр о	 Франція	3:0	 Сербія	 Росія	3:0	 Польща
2016	 Краків	 Сербія	3:0	 Бразилія	 Франція	3:0	 Італія

Додаток Г. Статистика Гран-Прі

Табл 1.2.

Статистика жіночого Гран-Прі [5]

Рік	Місце проведення фінального турніру	1-е місце	2-е місце	3-є місце
1	2	3	4	5
1993	 Гонконг	 Куба	 КНР	 Росія
1994	 Шанхай	 Бразилія	 Куба	 КНР
1995	 Шанхай	 США	 Бразилія	 Куба
1996	 Шанхай	 Бразилія	 Куба	 Росія
1997	 Кобе	 Росія	 Куба	 Південна Корея
1998	 Гонконг	 Бразилія	 Росія	 Куба
1999	 Юйси	 Росія	 Бразилія	 КНР
2000	 Маніла	 Куба	 Росія	 Бразилія
2001	 Макао	 США	 КНР	 Росія
2002	 Гонконг	 Росія	 КНР	 Німеччина
2003	 Андрія, Матера, <u>Джоя-дель- Колле</u>	 КНР	 Росія	 США
2004	 Реджо-ді-Калабрія	 Бразилія	 Італія	 США
2005	 Сендай	 Бразилія	 Італія	 КНР
2006	 Реджо-ді-Калабрія	 Бразилія	 Росія	 Італія

2007	 Нінбо	 <u>Нідерланди</u>	 <u>КНР</u>	 <u>Італія</u>
1	2	3	4	5
2008	 Йокогама	 <u>Бразилія</u>	 <u>Куба</u>	 <u>Італія</u>
2009	 Токіо	 <u>Бразилія</u>	 <u>Росія</u>	 <u>Німеччина</u>
2010	 Нінбо	 <u>США</u>	 <u>Бразилія</u>	 <u>Італія</u>
2011	 Макао	 <u>США</u>	 <u>Бразилія</u>	 <u>Сербія</u>
2012	 Нінбо	 <u>США</u>	 <u>Бразилія</u>	
2013	 Саппоро	 <u>Бразилія</u>	 <u>КНР</u>	 <u>Сербія</u>
2014	 Токіо	 <u>Бразилія</u>	 <u>Японія</u>	 <u>Росія</u>
2015	 Омаха	 <u>США</u>	 <u>Росія</u>	 <u>Бразилія</u>
2016	 Бангкок	 <u>Бразилія</u>	 <u>США</u>	 <u>Нідерланди</u>

Додаток Д. Правила FIVB

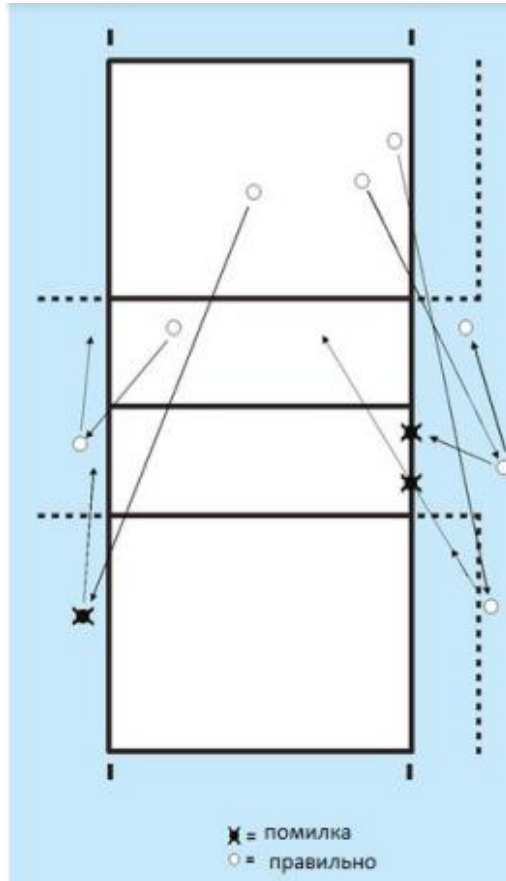


Рис 1.9. Проходження м'яча над сіткою



Рис 1.10. Положення гравців згідно з правилами FIVB



Рис 1.11. Блок

Додаток Е. Арбітраж

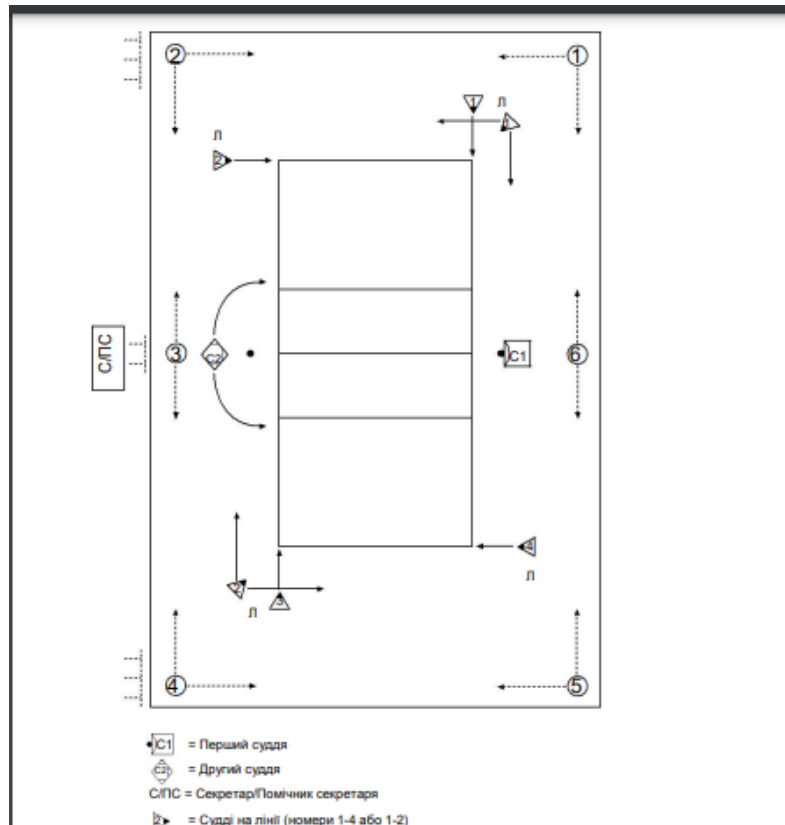


Рис 1.12. Розміщення суддів на полі

Табл 1.3.

Порушення та санкції за них

КАТЕГОРІЯ	ВИПАДОК	ПОРУШНИК	САНКЦІЯ	КАРТОЧКИ	НАСЛІДКИ
ГРУБА ПОВЕДІНКА	Перший	Будь-який член команди	Зауваження	Червона	Програш розігрування. Очко та подача супернику
	Другий	Той самий член команди	Вилучення	Червона + Жовта разом	Повинен покинути ігрове поле і залишатись на місці для вилучених до кінця партії
	Третій	Той самий член команди	Дискваліфікація	Червона + Жовта окремо	Повинен покинути контрольну зону змагань до кінця матчу
ОБРАЗЛИВА ПОВЕДІНКА	Перший	Будь-який член команди	Вилучення	Червона + Жовта разом	Повинен покинути ігрове поле і залишатись на місці для вилучених до кінця партії
	Другий	Той самий член команди	Дискваліфікація	Червона + Жовта окремо	Повинен покинути контрольну зону змагань до кінця матчу
АГРЕСІЯ	Перший	Будь-який член команди	Дискваліфікація	Червона + Жовта окремо	Повинен покинути контрольну зону змагань до кінця матчу

КАТЕГОРІЯ	ВИПАДОК	ПОРУШНИК	САНКЦІЯ	КАРТОЧКИ	НАСЛІДКИ
ЗАТРИМКА	Перший	Будь-який член команди	Попередження за затримку	Жест № 25 з жовтою карточкою	Попередження – санкції не має
	Другий і наступні	Будь-який член команди	Зауваження за затримку	Жест № 25 з червоною карточкою	Програш розігрування. Очко та подача супернику

Додаток Є. Схема 4-2

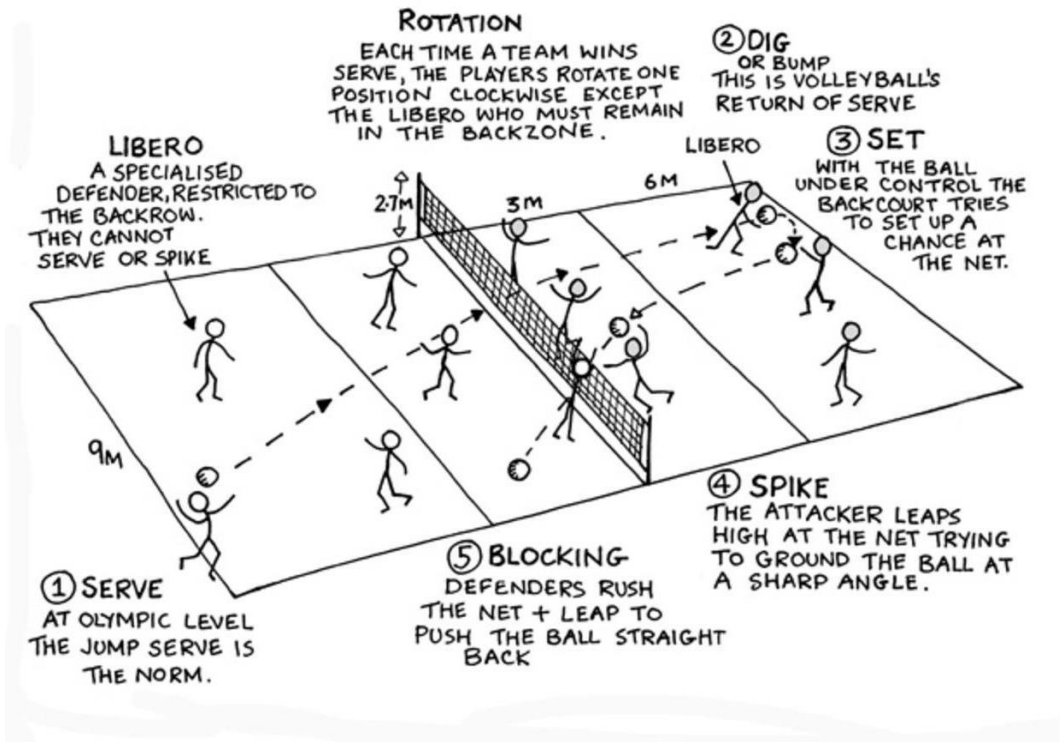
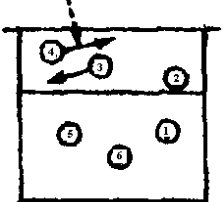
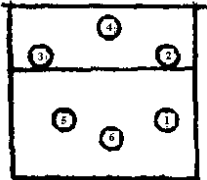
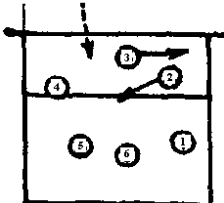
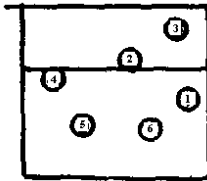
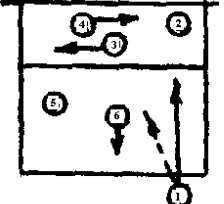
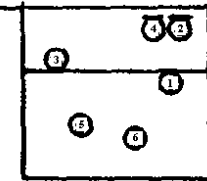
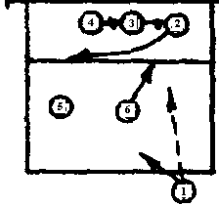
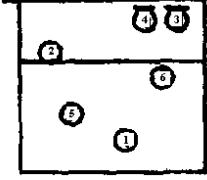
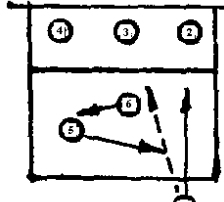
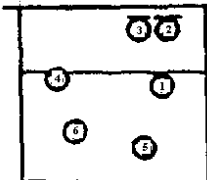


Рис 1.18. Схема 4-2 розстановка

Додаток Ж. Тактика переходу

Табл 1.4.

Переходи

Дії гравців	Перехід	Початкове положення	Кінцеве положення
Зміна пасуючих (3-4)	Оборона-напад		
Зміна пасуючих (3-2)	Оборона-напад		
Зміна блокуючих (3-4)	Напад-оборона		
Зміна блокуючих (2-4-3)	Напад-оборона		
Зміна приймаючих (6-5)	Напад-оборона		

Додаток 3. Тактичні прийоми

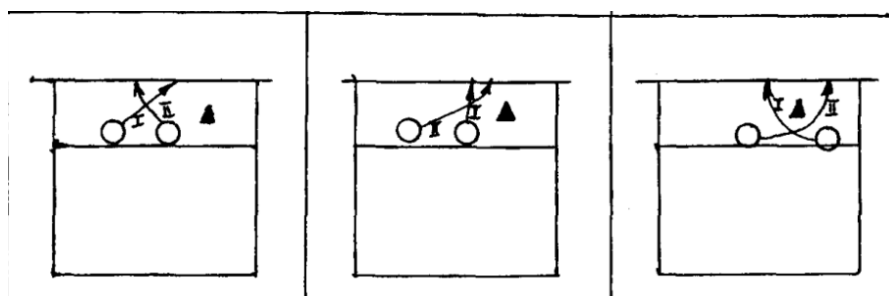


Рис 1.19. Хрест прямий, зворотній, змішаний

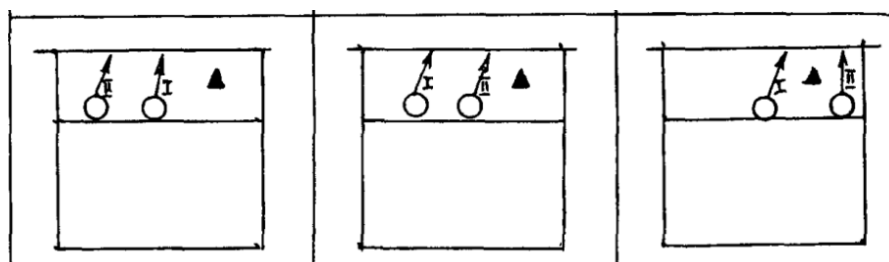


Рис 1.20. Хвиля пряма, зворотня та змішана

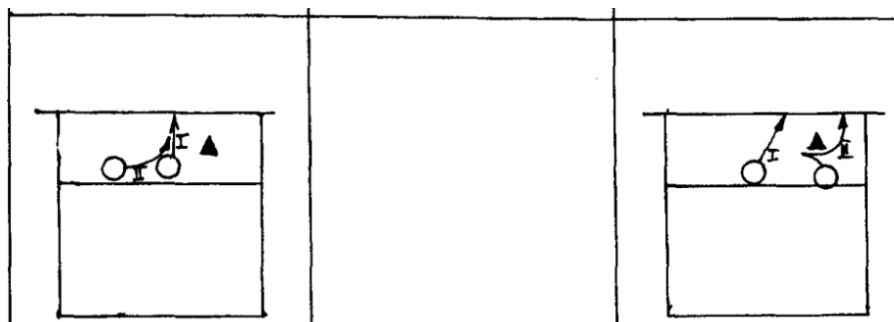


Рис 1.21. Ешелон прямий та змішаний

Додаток К

Табл 3.3

Склад збірної України з волейболу у 2021 році

№	Волейболіст	Ігри	Сети	Очки	Ср.	Позиція	Рік народження	Клуб
3	<u>Вієцький Дмитро</u> <u>Олександрович</u>	6	22	87	3,95	діагональний	1998	«Епіцентр-Подільня»
5	<u>Плотницький Олег</u> <u>Юрійович</u>	6	23	89	3,87	догравальник	1997	«Перуджа»
6	<u>Дрозд Максим</u> <u>Сергійович</u>	3	11	29	2,64	центральний блокуючий	1991	«Епіцентр-Подільня»
7	<u>Брова Горден</u> <u>Миколайович</u>	6	22	0	0	ліберо	1991	«Епіцентр-Подільня»
8	<u>Терьоменко Дмитро</u> <u>Васильович</u>	5	20	27	1,35	центральний блокуючий	1987	«Тур»
9	<u>Остапенко Володимир</u> <u>Сергійович</u>	1	2	3	1,5	центральний блокуючий	1998	«Епіцентр-Подільня»
10	<u>Семенюк Юрій</u> <u>Геннадійович</u>	6	22	43	1,95	центральний блокуючий	1994	«Епіцентр-Подільня»
11	<u>Діденко Владислав</u> <u>Віталійович</u>	6	15	6	0,4	зв'язуючий	1992	«Епіцентр-Подільня»
12	<u>Фомін Денис</u> <u>Сергійович</u>	4	7	0	0	ліберо	1986	«Епіцентр-Подільня»
14	<u>Ковальов Ілля</u> <u>Олегович</u>	6	20	48	2,4	догравальний	1996	«Газпром-Югра»
15	<u>Щитков Віталій</u> <u>Володимирович</u>	6	18	11	0,61	зв'язуючий	1991	«Житичі»
17	<u>Полуян Тимофій</u> <u>Андрійович</u>	1	2	0	0	догравальний	1998	«Соргун Беледіеспор»
18	<u>Єрещенко Ян</u> <u>Михайлович</u>	4	9	16	1,78	догравальний	1990	«Єнісей»
20	<u>Сидоренко Володимир</u> <u>Олександрович</u>	5	10	11	1,1	діагональний	1988	«Епіцентр-Подільня»