

Алієв Ф. М.
здобувач кафедри маркетингу,
підприємництва і організації виробництва
Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва

Aliyev Farit
postgraduate Department of Marketing, Entrepreneurship
and Organization of Production
Kharkiv National Agrarian University named
after V.V. Dokuchayev

УПРАВЛІННЯ РУХОМ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ НА ОСНОВІ ЛАНЦЮГА МАРКОВА

Анотація. Під час проведення досліджень було встановлено, що більшість економічних показників, які характеризують виробничо-комерційну діяльність агропромислового підприємства, за своєю суттю є випадковими величинами, оскільки на них впливає цілий комплекс зовнішніх і внутрішніх факторів, частина з яких вкрай складно кількісно визначити. Виходячи з цього, автором було визначено, що одним із ефективних інструментів моделювання економічних процесів можуть стати ланцюги Маркова. При цьому виникає одна з найбільш гострих проблем – знаходження елементів стохастичною матриці. Але водночас порівняно з іншими методами, застосовуваними в процесі планування на підприємствах АПК, Марківські процеси дають змогу врахувати: динаміку функціонування економічних об'єктів, їхній стохастичний характер та уникнути небажаних втрат і підвищити ефективність функціонування агропромислового комплексу регіону.

Ключові слова: Марківські процеси, ланцюги Маркова, матеріальні потоки, управління, рух потоків.

Вступ та постановка проблеми. У сучасних умовах формування нових економічних відносин, орієнтованих на задоволення потреб ринку, управління матеріальними потоками у сільському господарстві виступає не тільки як особливий вид практичної діяльності, але і як організаційна система. Використання системи моделювання та використання системного підходу дає змогу виявити основні фактори впливу на управління рухом матеріальних потоків.

Складність цієї системи управління рухом матеріальними потоками полягає в тому, що має значне число елементів, між якими виникає суперечність, основною причиною якої є: складність взаємодії між окремими елементами, які із закономірною необхідністю визначають інтегративні якості; значна різноманітність процесів, що впливає на управління і виконання виробничих замовлень у системі; складність функціональних обов'язків, виконуваних системою; відсутність організації управління; вплив на систему великої кількості стохастичних факторів зовнішнього середовища. Саме це і спонукає на пошук нових методів управління рухом матеріальних потоків в агропромислових підприємствах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню теоретичних та практичних проблем управління матеріальними потоками та забезпечення виробничими ресурсами аграрних підприємств присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних науковців. Більшою мірою основні методичні підходи управління рухом матеріальних потоків ґрунтуються на логістичному підході як на інтегрованому управлінні поточковими процесами підприємства. Розвиток таких підходів у теорії управління підприємствами пов'язаний із численними працями українських та зарубіжних учених, таких як Т. Алесинська, Д. Ламберт, Б. Анікін, А. Гаджинський, І. Афанасенко, В. Дибська, Є. Зайцев, А. Стерлігова, Л. Міротін, Ю. Неруш, В. Сергеев, С. Гаркавенко, В. Герасимчук, Є. Крикавський, М. Окландер, Д. Сааті, В. Ніколайчук, Н. Чухрай та чимало інших. Причому варто виокремити

три основні напрями наукових досліджень: формування системи управління операційною діяльністю; впровадження логістичних систем на підприємствах; управління процесами постачання, виробництва та збуту.

Проте питання процесів управління рухом матеріальних потоків в агропромислових підприємствах потребує детальнішого узагальнення.

Постановка завдання. Визначити уніфікований підхід щодо моделювання процесів управління рухом матеріальних потоків в агропромислових підприємствах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглядаючи управління матеріальними потоками з позицій загальної теорії управління, зокрема за аналогією з автоматизованими системами управління, управління матеріальними потоками в сільському господарстві можна уявити у вигляді синергії суб'єкта та об'єкта управління, що підтримується комплексом підсистем (інформаційне забезпечення, організаційно-економічне забезпечення матеріально-технічними ресурсами). За такого підходу в системі управління матеріальними потоками реалізується автоматизований кібернетичний принцип, що дає змогу відстежувати рух матеріальних потоків. Згідно з цим суб'єкт (суб'єкт управління рухом матеріальними потоками, або система СУРМП) безперервно відстежує параметри, характеризує дію процесу виконання замовлення, порівнюючи їх із заданим налаштуванням, яка визначається цільовою функцією й обмеженням, що накладається на управління матеріальними потоками у виробництві.

У контексті цього дослідження потрібно розглядати безпосередньо ті елементи СУРМП, які впливають на процеси руху матеріальних потоків та виконують їх автоматизацію. Ця система є системою управління зі зворотним зв'язком, що здійснює управління процесом виробництва на базі інформації про стан процесів, що в ньому проходять. Саме управління технологічними процесами будується на базі інформації, що надається з попередніх етапів роботи компонентів під час руху матеріальних потоків.

На більш високому рівні відбувається планування матеріального забезпечення, яке здійснюється на базі результатів роботи системи інформаційно-аналітичного забезпечення.

Варто відзначити, що інформаційні і матеріальні потоки мають однакові властивості. Матеріально-технічне забезпечення є невід'ємним складником, що керує потоками і здійснює забезпечення всіх учасників агропродовольчого кластеру.

Робота системи матеріально-технічного забезпечення здійснюється на базі руху матеріальних потоків у зовнішньому середовищі, що можуть бути як іншими системами матеріально-технічного забезпечення, так і системами інформаційно-аналітичного забезпечення, які в також є системами управління зі зворотним зв'язком.

Під час автоматизованої обробки інформації щодо матеріальних потоків, які піддаються перетворенню, виступають різноманітного роду дані, що характеризують ті або інші економічні явища, є технологічним процесом автоматизованої обробки інформації та являють собою комплекс взаємозалежних операцій, що проходить у встановленій послідовності. Тобто це перетворення вхідної інформації (як інформації щодо інформації, так і інформації щодо матеріальних ресурсів) у вихідну з використанням технічних засобів і ресурсів.

Рациональне проектування технологічних процесів обробки даних багато в чому визначає ефективне функціонування всієї автоматизованої системи. До складу технологічного процесу входять збір і введення початкових даних у обчислювальну систему, розміщення і збереження даних у пам'яті системи, обробки даних із метою одержання результатів і видачі даних у вигляді, зручному для сприйняття користувачем.

Залежно від використовуваних технічних засобів та вимог до технології обробки інформації змінюється і склад операцій технологічного процесу. Наприклад, інформація із зовнішнього середовища може надходити з магнітних носіїв, підготовлених для введення інформації, або передаватися по каналах зв'язку чи через мережу Інтернет із місця її виникнення.

Операції збору і ресстрації даних будуть здійснюватися за допомогою різноманітних засобів (механізований, автоматизований та автоматичний способи збору і ресстрації даних).

Проектування раціональних технологічних процесів обробки даних є досить складним завданням. Ця складність зумовлена тим, що сама система автоматизованої обробки інформації належить до класу складних систем, і під час її розроблення повинні враховуватися багато параметрів, серед яких – не тільки суто технічні, але і параметри, що враховують різноманітні людські чинники, питання підвищення термінів експлуатації і використання інструментальних засобів, зменшення термінів розроблення тощо.

Коректному результату оцінки ефективності руху матеріальних потоків в умовах стохастичного характеру виробництва значною мірою сприяють моделювання та економіко-математичні методи. Особливо необхідно їх використовувати, коли робота сільськогосподарських підприємств розглядається як процес із дискретним станом і дискретним часом.

Більшість економічних показників, що характеризують виробничо-комерційну діяльність агропромислового підприємства, за своєю суттю є випадковими величинами, оскільки на них впливає цілий комплекс зовнішніх і внутрішніх факторів, частину з яких вкрай складно кількісно визначити. Тому одним із ефективних інстру-

ментів моделювання економічних процесів можуть стати ланцюги Маркова.

Основою для прийняття рішень щодо руху матеріальних потоків у системі було обрано методику Марківських ланцюжків. Властивість, яка характеризує процес як Марківський, прийнято називати Марківською, або властивістю Маркова. Вперше ця властивість була сформульована російським математиком А. А. Марковим, який у 1907 році поклав початок вивченню послідовностей залежних випробувань і пов'язаних із ними сум випадкових величин. Цей напрям досліджень відомий зараз під назвою теорії ланцюгів Маркова.

Проте Л. Башельє зазначає спробу трактувати броунівський рух як марківський процес, який отримав обґрунтування після досліджень Вінера в 1923 році. Основи загальної теорії марківських процесів із неперервним часом були закладені у працях А. Колмогорова. Ланцюг Маркова в математиці – це випадковий процес, що задовольняє властивість Маркова і який приймає скінченну чи зліченну кількість значень (станів) [1].

У результаті будь-яких впливів об'єктивного чи суб'єктивного характеру під час руху матеріальних потоків в моменти часу $t_1, t_2 \dots t_n$ підприємство цієї системи як динамічна система перейде в стан $s_1, s_2 \dots s_n$ відповідно. Рухи матеріальних потоків у системі можуть бути різними і матимуть різний шлях та будуть залежати від певної дії a що буде виникати між ними.

Рух матеріального потоку можна уявити траєкторією, що має вигляд ламаної лінії і має певні рішення. Прийняття рішення a_1 щодо стану s_1 приводить систему в стан s_2 . При цьому дія a_1 залежить тільки від стану s_1 і не залежить від того, коли і як система прийшла в цей стан.

У загальному вигляді на будь-якій ланці траєкторії прийняте рішення залежить лише від попереднього стану. Це принцип динамічного характеру функціонування системи переходу з одного стану в інший.

Припускаючи залежність руху матеріального потоку в системі від однієї ланки s_i , що визначено з певною ймовірною дією a_i , деяким ланкам (s_i, s_j) можна поставити у відповідність умовну ймовірність p_{ij} . Для ланки (s_i, s_j) ймовірність $p(s_i, s_j) = a_i p_{ij}$.

У загальному вигляді для всіх ланок траєкторії руху в системі під час руху матеріальних потоків з одного стану в інший ймовірність результатів буде наведена у вигляді системи. Але така процедура дає змогу виконувати формальне подання процесу прийняття рішень з урахуванням стохастичних властивостей модельованого середовища, а також згідно з критерієм, що задається цільовою функцією. Якщо ймовірності переходів p_{ij} зі стану s_i у стан s_j залежать лише від станів, то траєкторія (ланцюг Маркова) є однорідною.

Побудова матриці та її аналіз в оцінці ефективності роботи підприємства мають важливе значення. Сума елементів матриці у кожному рядку дорівнює одиниці, а інтервали часу, протягом яких у системі здійснюється рух, є дискретними величинами, їх можна уявити цілечисельним рядом.

Ймовірність того, що в момент часу t матеріальні потоки будуть знаходитися в ланці s_i , дорівнює $p_i(t)$.

Тоді виникає співвідношення, яке має місце внаслідок того, що стани s_j несумісні і складають повну групу. Сукупність ймовірностей у співвідношенні можна навести стохастичним вектором, що повністю характеризує досліджувану систему.

Наведена в системі ймовірність руху в досліджуваній системі від однієї ланки до іншої дорівнює добутку ймовірності попереднього стану на умовну ймовірність [2].

Також визначаються умовна ймовірність руху в системі від ланки в ланку за певну кількість кроків. Щоб отримати безумовні вірогідності, необхідно розуміти першочергове значення або початковий вектор ймовірності стану:

Таким чином, для отримання безумовних ймовірностей при m кількості руху необхідно вирішити систему рівнянь з урахуванням нормованого рівняння:

$$p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1, 0 \leq p_i \leq 1.$$

Кожному проходу в системі (у нашому разі це рух матеріальних потоків у сільському господарстві) від постачальника s_i до споживача відповідає деяка оцінка у вигляді величини витрат за один прохід через систему. Сумарні витрати сільськогосподарського підприємства протягом певного проміжку часу є випадковою величиною, динаміка зміни якої може бути наведена ланцюгом Маркова.

Розрахунок загальної величини витрат у результаті здійснення підприємством m проходів через систему здійснюється як обчислення математичного очікування. Позначимо як $V_i(m)$ середні очікувані витрати. Тоді витрати агропромислового підприємства за m проходів можуть бути отримані як витрати за один перший прохід плюс витрати за решту $m-1$. Витрати за один прохід зі стану s_i позначимо q_i , де він буде дорівнювати:

$$q_i = \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot r_{ij}, i = \overline{1, m}.$$

Очікувані витрати за решту $m-1$ проходу (руху) залежать від того, в якому стані опинилася система після першого проходу. Нехай це буде стан s_j , тоді середній прибуток за решту $m-1$ руху без урахування ймовірностей буде дорівнювати $V_j(m-1)$. З огляду на те, що система зі стану s_i може потрапити в будь-який стан s_j із відповідною ймовірністю p_{ij} , середні витрати за решту руху виражаються таким співвідношенням:

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot V_j \cdot (m-1), i = \overline{1, m}, m = 1, 2, \dots$$

З урахуванням співвідношень повні очікувані витрати за m переходів становитимуть:

$$V_i(m) = q_i + \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot V_j \cdot (m-1), i = \overline{1, m}, m = 1, 2, \dots$$

Те ж саме співвідношення можна записати в дещо іншому вигляді у векторній формі:

$$V(m) = Q + PV(m-1).$$

Із цих співвідношень визначається, що для визначення повних очікуваних середніх витрат немає необхідності вводити матрицю витрат. Цілоком досить знати матрицю ймовірностей переходів $||P||$ і вектор-стовпець Q очікуваних витрат за один прохід [3].

Можливості моделювання та оцінки ефективності руху матеріальних потоків у системі розглянемо на умовному прикладі.

Нехай система S – підприємство АПК, яке займається виробництвом сільськогосподарської продукції. Одним із важливих показників роботи сільськогосподарського підприємства є зниження собівартості продукції за рахунок зниження витрат, отриманих під час реалізації виробленої продукції. Для ефективно налагодженого процесу планування господарської діяльності в регіоні велике значення має правильне і своєчасне визначення руху матеріальних потоків від виробника до споживача. Обсяг руху матеріального потоку буде залежати від двох основних параметрів: ціни продукції та обсягу реаліза-

ції. Останній насамперед визначається обсягом ринкового попиту.

Фактори, які детермінують рух матеріальних потоків у регіоні в певному стані, у цьому разі можуть залежати від: зміни доходів сектору, інфляційних очікувань в економіці, зміни в маркетинговій стратегії конкуруючих фірм (зокрема, в ціновій політиці). Так, за зниження добробуту населення попит на сільськогосподарську продукцію в абсолютному вираженні падає. За наявності в національній економіці інфляційних очікувань попит на продукти харчування (а значить, і на продукцію агропромислового комплексу) зростає. Від цього і залежить рух матеріальних потоків. Багато в чому попит на продукцію сільськогосподарських товаровиробників залежить від поведінки конкурентного оточення. Якщо розглянути зовнішнє середовище підприємства, а саме попит на його продукцію, який склався на ринку, то можливі такі варіанти: споживчий попит під впливом комплексу факторів середовища може скластися на високому, середньому або низькому рівні. Виходячи з цього, система S може виявитися в станах S_1, S_2 і S_3 відповідно.

У межах вказаної моделі наведемо ланцюжок поставок у вигляді деякої мережі чи графу, в якому вершини є потокоутворюючими блоками, а ребра вказують на напрям руху матеріального потоку на рис. 1.

Тоді стохастична матриця ймовірностей руху та матриця величини доходу за перехід з одного стану в інший матиме вигляд:

$$P = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,25 & 0,25 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} 15 & 7 & 3 \\ 12 & 4 & 2 \\ 8 & 5 & -4 \end{pmatrix}$$

Наступним кроком є визначення матриці переходу за два кроки, гранична вірогідність і повні очікувані витрати за m переходів.

Матриця переходу за два кроки дорівнює:

$$P^2 = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,25 & 0,25 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,25 & 0,25 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,325 & 0,175 \\ 0,5 & 0,3375 & 0,1625 \\ 0,5 & 0,275 & 0,225 \end{pmatrix}$$

Граничні ймовірності $p_1 p_2 p_3$ визначимо за виразом (3,11):

$$P = \left[\begin{pmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,25 & 0,25 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right] = 0$$

Врахуємо те, що $p_1 + p_2 + p_3 = 1$.

Провівши перетворення, отримаємо таку систему рівнянь:

$$\begin{cases} -0,5p_1 + 0,5p_2 + 0,5p_3 = 0 \\ -0,3p_1 + 0,75p_2 + 0,5p_3 = 0 \\ -0,2p_1 + 0,25p_2 + p_3 = 0 \\ p_1 + p_2 + p_3 = 1 \end{cases}$$

Вирішивши рівняння, отримаємо рішення щодо граничних вірогідностей:

$$p_1 = 0,5; p_2 = 0,32; p_3 = 0,18.$$

Це рішення вказує на те, що вірогідність того, що буде здійснено рух матеріальних потоків залежно від високого попиту (50%), середнього та низького (32% та 18% відповідно).

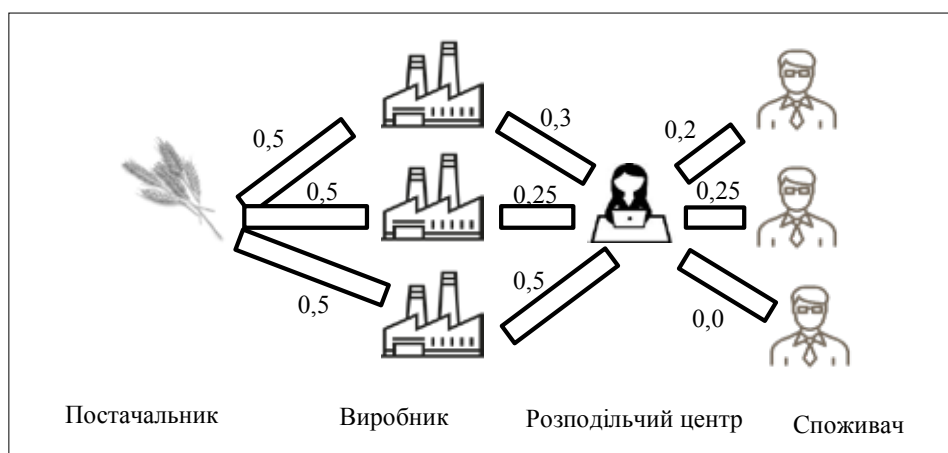


Рис. 1. Рух матеріальних потоків від постачальника до споживача

Отже, витрати, пов'язані з рухом матеріальних потоків за один прохід, можна розрахувати, використавши формулу (3,13), вони становитимуть:

$$r_1 = 15 \times 0,5 + 7 \times 0,3 + 3 \times 0,2 = 10,2$$

$$r_2 = 12 \times 0,5 + 4 \times 0,25 + 2 \times 0,25 = 7,5$$

$$r_3 = 8 \times 0,5 + 5 \times 0,5 = 6,25$$

Взявши до уваги, що рух матеріальних потоків по системі становитиме чотири проходи, ми можемо розрахувати загальні очікувані витрати [4; 5].

Таким чином, середні витрати під час руху матеріальних потоків за одного проходу в системі будуть дорівнювати:

$$q = 0,5 \times 10,2 + 0,32 \times 7,5 + 0,18 \times 6,25 = 8,6 \text{ одиниці.}$$

Висновки: Таким чином, можна дійти висновку, що ланцюги Маркова можуть ефективно використовуватися в процесі моделювання різних аспектів руху матеріальних потоків в агропромислових підприємствах.

Цей математичний апарат досить універсальний і вже апробований у різних сферах діяльності. Водночас під час його застосування на практиці можуть виникнути певні складнощі. Однією з найбільш гострих проблем під час постановки завдання планування економічних показників роботи сільськогосподарського підприємства є знаходження елементів стохастичної матриці. Далеко не завжди ретроспективний аналіз частоти звершення подій дає змогу точно оцінити ймовірності переходів системи з одного стану в інший. Водночас порівняно з іншими методами, застосовуваними в процесі планування на підприємствах АПК, Марківські процеси дають змогу врахувати, по-перше, динаміку функціонування економічних об'єктів, а по-друге, їх стохастичний характер, що дає змогу отримати більш точні оцінки економічних показників роботи сільськогосподарського підприємства та уникнути небажаних втрат і підвищити ефективність функціонування агропромислового комплексу регіону.

Список використаних джерел:

1. Батюк А.Є. Автоматизація технологічного процесу обробки інформації в сучасних умовах. *Науково-технічний збірник. Державний університет «Львівська політехніка»*. 2000. Вип. 35. С. 11–15.
2. Олех Т.М. Застосування ланцюгів маркова для дослідження багатовимірних оцінок при управлінні проектами. *Електронний архів наукових та освітніх матеріалів ОНПУ: веб-сайт*. URL: <http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/2084/1/064-068.pdf> (Дата звернення 22.02.2019)
3. Вольвачёв Р.Т. Приложения цепей маркова к биологическим задачам. *Электронная библиотека БГУ: веб-сайт*. URL: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/13479/1/Цепи%20Маркова.pdf> (Дата звернення 22.02.2019)
4. Ревюз Д. Цепи Маркова. Москва, РФФИ, 1997. 432 с.
5. Колесникова Е.В. Моделирование слабо структурированных систем проектного управления. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2013. Вип. 3(42). URL: <http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1395217087.pdf> (Дата звернення 10.03.2019)

УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ЦЕПИ МАРКОВА

Аннотация. При проведении исследований было определено, что большинство экономических показателей, характеризующих производственно-коммерческую деятельность агропромышленного предприятия, по своей сути являются случайными величинами, поскольку на них влияет целый комплекс внешних и внутренних факторов, часть из которых крайне сложно количественно определить. Исходя из этого, автором было определено, что одним из эффективных инструментов моделирования экономических процессов могут стать цепи Маркова. При этом возникает одна из самых острых проблем – нахождение элементов стохастической матрицы. Но в то же время по сравнению с другими методами, применяемыми в процессе планирования на предприятиях АПК, Марковские процессы позволяют учесть: динамику функционирования экономических объектов, их стохастический характер и избежать нежелательных потерь и повысить эффективность функционирования агропромышленного комплекса региона.

Ключевые слова: Марковские процессы, цепи Маркова, материальные потоки, управление, движение потоков.

MANAGEMENT BY MOVEMENT OF MATERIAL FLOWS BASED ON THE MARKOV CHAIN

Summary. Occurrence of theoretical and practical problems of control the material flows and supplies by industrial resources of agrarian enterprises, allowed to define the main purpose of the article. By author it was installed that revealed of unified algorithm, on simulation of processes of monitoring of movement of material flows in agroindustrial enterprises, will allow to raise the level of the management efficiency. Considering controls of material flows from the positions of the common theory of control, in particular by analogy with automated control systems, controls of material flows in agriculture can be presented as synergy subject and controlled device, is supported by the complex of the subsystems (supply with information, organisationally-economical supplying, materially technical resources). At such approach in the control system of material flows automated cybernetic principle is realised that allows to monitor movement of material flows. Designing of rational process routes of data processing is complicated problem enough. Correct result of the evaluation of efficiency of movement of material flows in the conditions of stochastic nature of production to a considerable extent simulation and economic and mathematical methods promote. By the base for decision on movement of material flows in system was elected the technique of Markov chains. Such procedure allows to execute formal representation of decision-making process in view of stochastic properties of simulated environment, as well as according to criterion, is specified by criterion function. On this basis, Markov's circuits can be used effectively during simulation of various aspects of movement of material flows in agroindustrial enterprises. Given mathematical apparatus enough universal and has been already evaluated in various fields of activity. At the same time as compared with alternative methods used during planning on enterprises agrarian and industrial complex, Markov processes allow to take into consideration: dynamics of functioning of economical objects, their stochastic nature, and to avoid undesired losses and to raise efficiency of functioning of agriculture of the region.

Key words: Markov processes, Markov chains, material flows, management, flow movement.