

## МЕТОДИКА ПРИГОТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ БІТУМУ МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІМЕРАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАБОРАТОРНОГО ЛОПАТЕВОГО ЗМІШУВАЧА

Мозговий В.В., доктор технічних наук  
Онищенко А.М., кандидат технічних наук  
Аксьонов С.Ю.,  
Гаркуша М.В.,  
Невінгловський В.Ф.,  
Різніченко О.С.

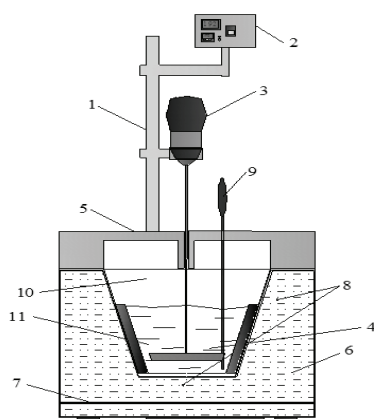
Автомобільні дороги України характеризуються підвищеною вантажонапруженістю та інтенсивністю, а значні динамічні навантаження на покриття мостів і аеродромів вимагають підвищених вимог до асфальтобетонів, а відповідно, і до бітумів. Найбільш поширеним і ефективним способом підвищення якості асфальтобетону є застосування бітумів, модифікованих полімерами, що значно поліпшує властивості асфальтобетону, а саме: тріщиностійкість, колієстійкість, зсувостійкість, водостійкість та ін. [1-3].

Важливим етапом процесу приготування модифікованих бітумів є підбір їх складу та перевірка ефективності дії різних полімерів. Це потребує в свою чергу наявності відповідних лабораторних змішувачів для приготування бітумів, модифікованих полімерами. Сучасна практика лабораторних випробувань модифікованих бітумів свідчить про відсутність стандартизованої методики змішування в лабораторії та відповідного лабораторного обладнання, що не дозволяє отримувати бітуми модифіковані полімерами за єдиною технологією приготування, внаслідок чого можна одержати не достовірні результати лабораторних випробувань [2-4].

Найбільш простими та достатньо ефективними технічними засобами змішування малов'язких рідин та рідин з твердими включеннями, що знаходяться в стані близькому до завислого є лопатеві змішувачі. Тому, лопатеві змішувачі знайшли широке застосування, як в промислових так і в лабораторних умовах для ефективної модифікації бітуму полімерами.

Мета роботи: розробити методику приготування бітуму модифікованого полімерами за допомогою лабораторного лопатевого змішувача з метою підбору його складу і встановлення вимог до технологічного процесу перемішування.

Авторами розроблена методика приготування модифікованого бітуму з використанням лабораторного лопатевого змішувача (рис. 1). Методика дозволяє визначити час завершення процесу модифікації при різних технологічних параметрах (температурі, швидкості перемішування та вмісту модифікатора) до повної стабілізації властивостей та гомогенізації бітумного в'язучого.



- 1 – штатив; 2 – блок управління;  
3 – електродвигун; 4 – лопатева мішалка;  
5 – масляний термостат; 6 – масляний резервуар;  
7 – електротен; 8 – термопара в масляному термостаті;  
9 – термопара для модифікованого бітуму;  
10 – металева ємність згідно ДСТУ 3277;  
11 – бітумне в'язуче.

Рисунок 1. – Лабораторний лопатевий змішувач (вид збоку)

Таблиця 1. – Технічні параметри лабораторного лопатевого змішувача

Показники (умови)	Технічні дані
Ємність оцинкована металева об'ємом, дм <sup>3</sup> (ДСТУ 3277)	7
Кількість лопатей мішалки	2
Кут установки лопатей, град	90
Кут нахилу гвинтової лінії лопатей, град	22
Розміри лопатей, мм	L = 100, H = 20
Мінімальна відстань лопатей, не менше, мм:	
– між стінкою	15
– між дном ємності	50
Частота обертання лопатевого вала, об/хв	10...30
Електродвигун з регулятором швидкості, потужністю, кВт	2
Масляний електротен з температурним діапазоном, °С (ГОСТ 13268)	від 0 до 250
Термопари за ГОСТ Р 8.585 з температурним діапазоном, °С	від 0 до 300
Розігрів масляного термостату до температури, T, °С	220
Масло термостійке за °С (ГОСТ 18852) допустимою температурою нагріву	250

Суть методики полягає у тому, щоб встановити такий момент часу під час модифікації бітумного в'язучого, при якому відбудеться як стабілізація властивостей, так і гомогенізація, тобто в'язуче набуде необхідного рівня однорідності. На початку модифікації бітуму вводять полімер і встановлюють час завершення цієї модифікації. Оцінка стабілізації властивостей та гомогенізації бітумного в'язучого, при введенні полімеру, здійснюється за наступними критеріями:

- швидкість зміни пенетрації (при додатковій 1 год модифікації бітумного в'язучого)  $\geq 2 \times 0,1$  мм/год (модифікований бітум набув стабілізації пенетрації);
- швидкість зміни еластичності (при додатковій 1 год модифікації бітумного в'язучого)  $\geq 2\%$ /год (модифікований бітум набув стабілізації еластичності);
- коефіцієнт варіації за показниками пенетрації і еластичності (при додатковій 1 год модифікації бітумного в'язучого)  $\geq 2\%$  (модифікований бітум набув однорідності за пенетрацією та еластичністю).

Режим відбору проб при модифікації бітуму полімером встановлюється з урахуванням темпів стабілізації властивостей в'язучого та його гомогенізації. Якщо характер таких темпів не відомий для модифікації бітуму певним полімером, то рекомендується попередньо здійснити пробну модифікацію, встановити характер темпу модифікації та вибрати відповідний режим відбору проб.

Час завершення модифікації приймається рівним тому часу, при якому відбудуться всі процеси стабілізації та гомогенізації бітумного в'язучого. Для встановлення даного часу, проводяться лабораторні випробування з визначення пенетрації та еластичності, їх коефіцієнтів варіації при різному часі відбору проб. На основі отриманих результатів проводять оцінку зміни даних показників на кожному періоді змішування між моментами відбору проб. Щодо завершення часу модифікації, висновок роблять на основі даних про досягнення стабільності властивостей та однорідності бітуму модифікованого полімером, у відповідності із схемами представленими на рис. 1 – 4.

На рис. 1 представлений випадок, коли стабілізація властивостей за показником пенетрації бітумного в'язучого досягається швидше ніж однорідність. У даному випадку момент досягнення коефіцієнтом варіації за показником пенетрації  $K_v^{\Pi}(t)$  свого граничного значення відповідає часу  $t_{одн}^{K_v}$ . Він є більшим ніж момент часу, що відповідає завершенню стабілізації пенетрації. Тому, процес завершення модифікації бітуму полімерами відбудеться тоді, коли час стабілізації за показником пенетрації  $t_{ст}^{\Pi 25}$  буде дорівнювати або більший ніж час перемішування  $t_{одн}^{K_v}$ .

На рис. 2 представлений випадок, коли однорідність бітумного в'язучого досягають швидше ніж стабілізацію властивостей за показником пенетрації. У даному випадку момент досягнення коефіцієнтом варіації за показником пенетрації  $K_v^{\Pi}(t)$  свого граничного значення відповідає часу  $t_{одн}^{K_v}$ . Він є менший ніж момент часу, що відповідає завершенню стабілізації пенетрації. Тому, процес завершення модифікації бітуму полімерами відбудеться тоді, коли час перемішування буде дорівнювати або більшим ніж час стабілізації за показником пенетрації  $t_{ст}^{\Pi 25}$ .

За аналогічною схемою, визначається процес завершення модифікації бітуму полімерами за показником еластичності (рис. 3 – 4).

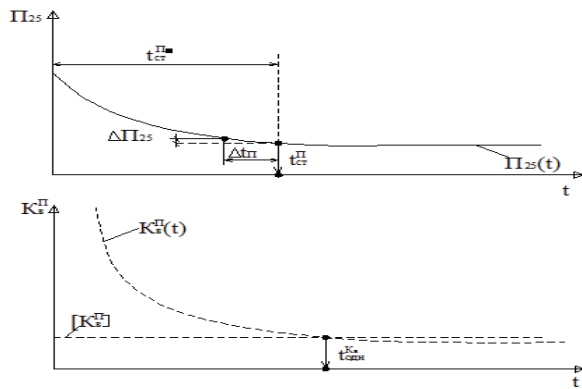


Рисунок 1 – Схема встановлення часу змішування  $t_{3M}$  бітуму з полімером за допомогою лабораторної лопатевої мішалки на основі даних зміни пенетрації  $\Pi_{25}(t)$  та коефіцієнта варіації пенетрації  $K_{в}^{\Pi}(t)$  в залежності від часу змішування  $t_{3M}$  у випадку коли  $t_{одн}^{K_{в}^{\Pi}} \geq t_{cr}^{\Pi_{25}}$ .

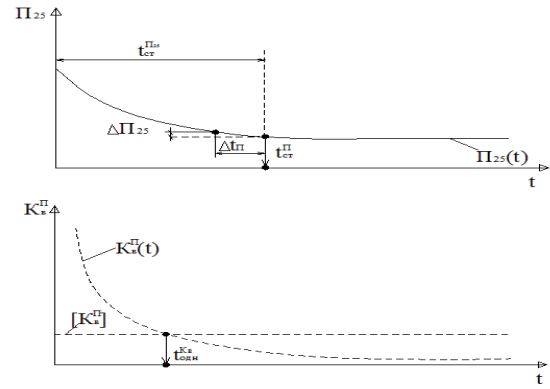


Рисунок 2 – Схема встановлення часу змішування  $t_{3M}$  бітуму з полімером за допомогою лабораторної лопатевої мішалки на основі даних зміни пенетрації  $\Pi_{25}(t)$  та коефіцієнта варіації пенетрації  $K_{в}^{\Pi}(t)$  в залежності від часу змішування  $t_{3M}$  у випадку коли  $t_{одн}^{K_{в}^{\Pi}} \leq t_{cr}^{\Pi_{25}}$ .

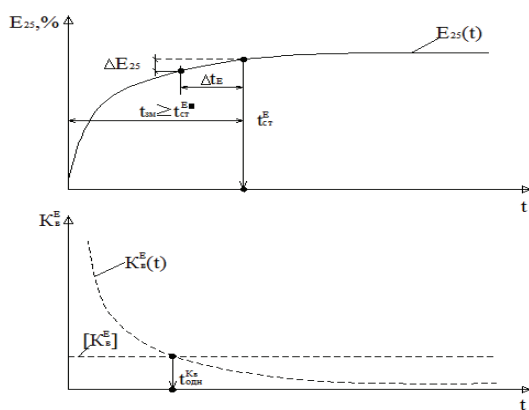


Рисунок 3 – Схема встановлення часу змішування  $t_{3M}$  бітуму з полімером за допомогою лабораторної лопатевої мішалки на основі даних зміни еластичності  $E_{25}(t)$  та коефіцієнта варіації еластичності  $K_{в}^E(t)$  в залежності від часу змішування  $t_{3M}$  у випадку коли  $t_{одн}^{K_{в}^E} \leq t_{cr}^{E_{25}}$ .

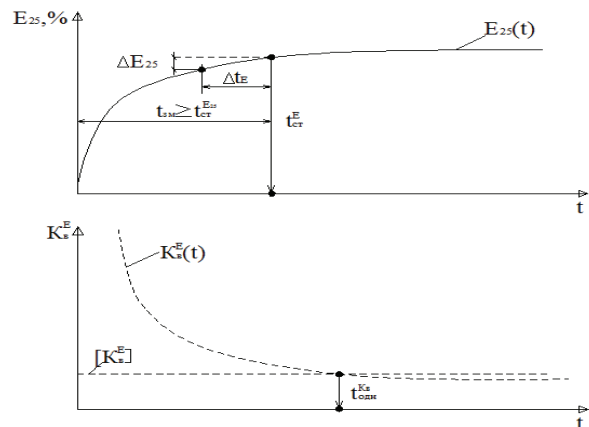


Рисунок 4 – Схема встановлення часу змішування  $t_{3M}$  бітуму з полімером за допомогою лабораторної лопатевої мішалки на основі даних зміни еластичності  $E_{25}(t)$  та коефіцієнта варіації еластичності  $K_{в}^E(t)$  в залежності від часу змішування  $t_{3M}$  у випадку коли  $t_{одн}^{K_{в}^E} \geq t_{cr}^{E_{25}}$ .

Розроблена методика приготування модифікованого бітуму з використанням лабораторного лопатевого змішувача дозволяє точно визначити час та достовірну інформацію стосовно завершення стабілізації властивостей та гомогенізації модифікованого бітумного в'язучого. Після кожного відбору проб результати випробувань заносяться до журналу випробувань і проводиться обробка результатів [1-6].

Авторами проводились дослідження вихідного Мозирського бітуму БНД 90/130 з використанням різної кількості полімерного катіонного латексу Butonal NS198. Результати випробувань представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. – Фізико-механічні властивості бітумного в'язучого в залежності від кількості полімеру та часу модифікації

Вихідна марка бітуму, вид та кількість полімеру, %	Час перемішування, Т, годин	Пенетрація $P_{25}$ , мм <sup>-1</sup>	КіК $T_p$ , °С	Еластичність $E_{25}$ , %	Дуктильність $D_{25}$ , см	Коефіцієнт варіації, $K_B^P$ , %	Коефіцієнт варіації, $K_B^E$ , %
БНД 90/130	-	97,0	47,0	-	>85	-	-
БНД 90/130+2% Butonal NS198	1	80,0	52,0	62,0	>80	5,73	3,34
	2	73,0	53,0	67,0	77	3,34	3,09
	3	73,0	54,0	69,0	75	2,74	2,22
	4	72,0	55,0	69,0	72	1,39	1,45
	5	71,0	55,0	69,0	71	1,41	0,84
	6	70,0	55,0	69,0	71	0,82	0,72
БНД 90/130+4% Butonal NS198	1	77,0	56,0	66,0	74	6,29	3,79
	2	67,0	57,0	70,6	61	4,45	3,56
	3	64,0	57,0	71,0	59	3,13	2,82
	4	62,0	60,0	71,7	59	2,48	2,13
	5	60,0	61,0	72,0	56	1,67	1,39
	6	59,0	61,0	72,3	56	1,30	0,80
БНД 90/130+6% Butonal NS198	1	75,0	63,0	67,0	60	6,67	4,48
	2	69,0	65,0	71,0	47	2,51	4,23
	3	61,0	67,0	72,3	44	4,10	3,48
	4	57,0	67,5	72,6	43	3,51	2,86
	5	54,0	68,0	72,4	43	2,34	1,67
	6	53,0	68,0	72,5	43	1,89	1,38

Відносне відхилення показника пенетрації бітумного в'язучого від часу модифікації (1-6 год.) при введенні 2% Butonal NS198 змінюється від 1 до 6%, при 4% Butonal NS198 змінюється від 2 до 12%, а при 6% Butonal NS198 змінюється від 1 до 13% відповідно.

Аналогічно визначалося відносне відхилення показника еластичності бітумного в'язучого від часу модифікації (1-6 год.), так при введенні 2% Butonal NS198 змінюється від 0,5 до 8,0%, при введенні 4% Butonal NS198 від 0,5 до 7,0%, а при введенні 6% Butonal NS198 змінюється від 0,5 до 6,0% відповідно.

Результати випробувань наведені в таблиці 1 свідчать, що бітумні в'язучі отримані з вихідної сировини з використанням різної кількості латексу серії Butonal NS198 мають різні параметри за показником пенетрації, але дуже схожі за показником еластичності та температури розм'якшення. Суттєва різниця за показником пенетрації в першу чергу пов'язана із швидкими процесами окислення та старіння вихідної сировини, а також часом модифікації та кількістю полімеру.

Результати досліджень показали, що оптимальний час модифікації бітумного в'язучого, при якому відбудеться як стабілізація властивостей так і гомогенізації, тобто в'язуче набуде необхідного рівня однорідності латексом Butonal NS198 становить біля 3 годин. Для інших полімерів час модифікації встановлюється за вище наведеною методикою.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Золотарев В.А. Битумы модифицированные полимерами и асфальтополимербетоны // Дорожная техника.-2009 – С. 88-95
2. Кинг Г.Н., Радовский Б.С. Свойства полимерно – битумных вяжущих и разрабатываемые в США методы их испытания // Новости в дорожном деле. Научно–технический информационный сборник. – 2004. – Вып. 6.–М.–С. 1-28
3. Гохман Л.М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС. – М.: ЗАО «Эконинформ». – 2004. – 510с.
4. Кірічек Ю. А., Дем'яненко В. В., Сухорєбрий О. А. Експериментальні дослідження властивостей модифікованих бітумів, що застосовуються в дорожньому будівництві // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2008. – № 6–7. – С. 14–17.

5. Онищенко А. М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів. Дис. кандидата тех. наук: 05.22.11/ Онищенко А.М. – Київ, 2008.-229с.
6. ДСТУ Б В.2.7-135:2007 «Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови»

#### РЕФЕРАТ

Мозговий В.В., Онищенко А.М., Аксьонов С.Ю., Гаркуша М.В., Невінгловський В.Ф., Різніченко О.С. Методика приготування та результати випробування бітуму модифікованого полімерами за допомогою лабораторного лопатевого змішувача. / Володимир Васильович Мозговий, Артур Миколайович Онищенко, Сергій Юрійович Аксьонов, Микола Васильович Гаркуша, Вадим Федорович Невінгловський, Олександр Сергійович Різніченко // Вісник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

У статті запропоновано методику приготування та результати випробування бітуму модифікованого полімерами за допомогою лабораторного лопатевого змішувача.

Об'єкт дослідження – бітум модифікований полімером.

Мета роботи – розробити методику приготування бітуму модифікованого полімерами за допомогою лабораторного лопатевого змішувача з метою підбору його складу і встановленням вимог до технологічного процесу перемішування.

Метод дослідження – статистичний аналіз однорідності бітуму модифікованого полімером.

Важливим етапом процесу приготування модифікованих бітумів є підбір їх складу та перевірка ефективності дії різних полімерів. Тому, лопатеві змішувачі знайшли широке застосування, як в промислових так і в лабораторних умовах для ефективної модифікації бітуму полімерами. Розроблена методика дозволяє визначити час завершення процесу модифікації бітумного в'язучого при різних технологічних параметрах (температурі, швидкості перемішування та вмісту модифікатора) до повної стабілізації його властивостей.

Результати досліджень в статті показали, що оптимальний час модифікації бітумного в'язучого латексом Butonal NS198, при якому відбуваються процеси як стабілізації властивостей так і гомогенізації модифікованого бітумного в'язучого, становить близько 3 годин.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БІТУМ МОДИФІКОВАНИЙ ПОЛІМЕРОМ, ОДНОРІДНІСТЬ, СТАБІЛІЗАЦІЯ, ГОМОГЕНІЗАЦІЯ.

#### ABSTRACT

Mozgovyi V.V., Onishchenko A.M., Axenov S.Y., Garkusha M.V., Nevinglovskiy V.F., Riznichenko O.S., Methods of preparation and test results of bitumen modified with polymers using laboratory shovel mixer. / Volodymyr Vasyliovych Mozgovyi, Artur Mykolaiovych Onishchenko, Sergii Yuriyovych Axenov, Mykola Vasyliovych Garkusha, Vadym Fedorovych Nevinglovski, Olexander Sergiovych Riznichenko // Visnyk NTU. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 26.

The paper suggests a method of preparation and test results of bitumen modified with polymers using laboratory shovel mixer.

Subject of the research is bitumen modified with polymer.

Objective of the paper is to develop methodology for preparation of bitumen modified with polymers using laboratory shovel mixer to match its composition and to install requirements for mixing process.

Method of research is statistical analysis of homogeneousness of bitumen modified with polymer

An important stage in the process of preparation of modified bitumen is selection of its composition and test on effectiveness of various polymers. Therefore, shovel mixers are widely spread, both in industrial and in lab premises for efficient mixing of bitumen with polymers. The method allows to determine the time of completion of modifications in various process parameters (temperature, mixing speed and modifier content) to complete stabilization process and homogenization of bituminous binder.

Research results reflected in the paper showed that the optimal time of modification of bituminous binder, which will include stabilizing process and homogenization, i.e. binder achieves necessary level of homogeneity latex Butonal NS198 is about 3 hours.

**KEY TERMS:** BITUEN MODIFIED WITH POLYMERS, HOMOGENEOUSNESS, STABILIZATION, HOMOGENIZING

#### РЕФЕРАТ

Мозговой В.В., Онищенко А.Н., Аксенов С.Ю., Гаркуша Н.В., Невингловский В.Ф., Ризниченко А.С., Методика приготовления и результаты испытания битума модифицированного полимерами с помощью лабораторного лопастного смесителя. / Владимир Васильевич Мозговой, Артур Николае-

вич Онищенко, Сергей Юрьевич Аксенов, Николай Васильевич Гаркуша, Вадим Федорович Невингловський, Александр Сергеевич Ризниченко // Вестник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вып. 26.

В статье предложена методика приготовления и результаты испытания битума модифицированного полимерами с помощью лабораторного лопастного смесителя.

Объект исследования – битум модифицированный полимером.

Цель работы – разработать методику приготовления битума модифицированного полимерами с помощью лабораторного лопастного смесителя с целью подбора его состава и установлением требований к технологическому процессу перемешивания.

Метод исследования – статистический анализ однородности битума модифицированного полимером.

Важным этапом процесса приготовления модифицированных битумов является подбор их состава и проверка эффективности действия различных полимеров. Поэтому, лопастные смесители нашли широкое распространение, как в промышленных так и в лабораторных условиях для эффективного смешивания битума с полимерами. Разработанная методика позволяет определить время завершения процесса модификации при различных технологических параметрах (температуре, скорости перемешивания и содержания модификатора) до полной стабилизации свойств и гомогенизации битумного вяжущего.

Результаты исследований в статье показали, что оптимальное время модификации битумного вяжущего, при котором произойдет как стабилизация свойств так и гомогенизации, т.е. вяжущее вступит необходимого уровня однородности латексом Butonal NS198 составляет около 3 часов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** БИТУМ МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРОМ, ОДНОРОДНОСТЬ, СТАБИЛИЗАЦИЯ, ГОМОГЕНИЗАЦИЯ.

УДК 625.76.338

## ТЕОРЕТИЧНІ ПІДҐРУНТЯ ВАЖЛИВОСТІ КОНТРАКТІВ НА ЗАСАДАХ ДЕРЖАВНО-ПРИВАТНОГО ПАРТНЕРСТВА В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

Соколова Н.М., кандидат економічних наук,  
Харченко К.Г.

Постановка проблеми. В наш час існують проблеми із виконанням робіт в організаціях. В останні роки в світовій практиці для утримання дорожньої галузі все частіше використовують сучасні розробки в такому напрямку як державно-приватне партнерство, а саме теорія контрактів. Реалізація контрактів в Україні ускладнюється у зв'язку з відсутністю теоретичної бази, що б регулювала відносини між замовником і виконавцем. Тому виникає потреба в розробці методики для використання контрактів в дорожній галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемами впровадження контрактів в умовах ДППі займалися такі науковці як Бондар Н.М., Варнавський В.Г., Холмес С. (Holmes, S.), Хантер Е. (Hunter, E.), Рован К (Rowan K.), Березовський М.В., Андреев С.І. [1,2,5,7].

Мета. Висвітлити важливість контрактів в дорожній галузі для залучення приватного капіталу на засадах державно-приватного партнерства.

Виклад основного матеріалу. Одним з наріжних питань економічної теорії та багатовікової історії глобальної економічної практики є питання про роль держави в економічних процесах суспільства. Принципово вона визначається приналежністю прав власності на засоби виробництва, рівнем державних витрат і ступенем нормативно-регулятивного впливу. Для того щоб зрозуміти економічну сутність державно-приватного партнерства в рамках даних категорій, потрібно розібрати основні підходи до вирішення зазначеного питання, складові економічної науки.

До середини XIX століття економічна теорія, що базувалася на працях англійських класиків політичної економії (А. Сміта, Д. Рікардо), [8] була пронизана ідеєю абсолютної залежності всіх господарських процесів від непорушної дії об'єктивних законів. Однак навіть у рамках ліберальної доктрини того часу існували погляди, що відводили державі активну роль у здійсненні економічного розвитку (в цьому напрямку працювали І. Бентам, Дж. Мілль, Дж. С. Мілль та інші). [8] Справжню революцію в економічній теорії, як відомо, справила опублікована в 1936 р. «Загальна теорія зайнятості, відсотка і грошей" Джона Мейнарда Кейнса. [10]