

4.1 Методика проведення випробувань будівельних конструкцій

Основне завдання випробувань будівельних конструкцій - це встановлення їх напружено-деформованого стану під навантаженням для оцінки несучої здатності, жорсткості або тріщиностійкості (для бетонних і залізобетонних конструкцій).

Види випробувань

Приймальні випробування проводять для перевірки відповідності показників роботи споруди проектним і нормативним вимогам.

Випробування об'єктів, які знаходяться в експлуатації, проводять для перевірки можливості продовження нормальної роботи під експлуатаційним навантаженням, якщо виникають сумніви в придатності споруди, і для перевірки можливості збільшення експлуатаційного навантаження при реконструкції споруди.

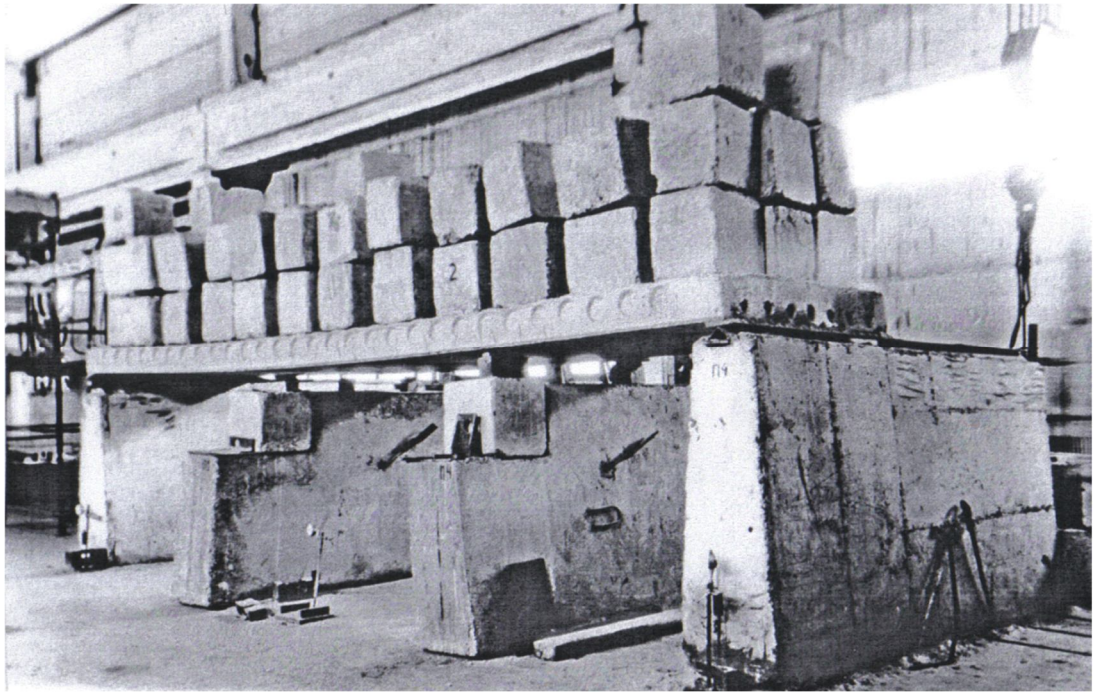
Випробування конструкцій і деталей при їх серійному випуску проводять шляхом вибіркового випробування окремих зразків з доведенням навантаження до руйнування.

Науково-дослідні випробування проводять для апробації нових конструктивних рішень і нових методів розрахунку, при використанні нових матеріалів, при особливих режимах експлуатації конструкцій і споруд.

Залежно від типу основного навантаження, випробування можуть бути статичними (рис. 4.1, 4.2) і динамічними (рис. 4.3, 4.4).



Рис. 4.1 - Випробування бурових палів статичними навантаженнями на ділянці будівництва



а)



б)

Рис. 4.2 - Проведення статичних випробувань плит перекриттів

Залежно від місця проведення, випробування можуть бути: лабораторними (виробничими), або польовими (на місцевості, об'єкті будівництва або реконструкції).

Залежно від розмірів конструкцій, випробування можуть бути: натурними (на конструкціях або фрагментах будівель і споруд з натуральними розмірами), або на моделях (конструкцій, елементів будівель і споруд).

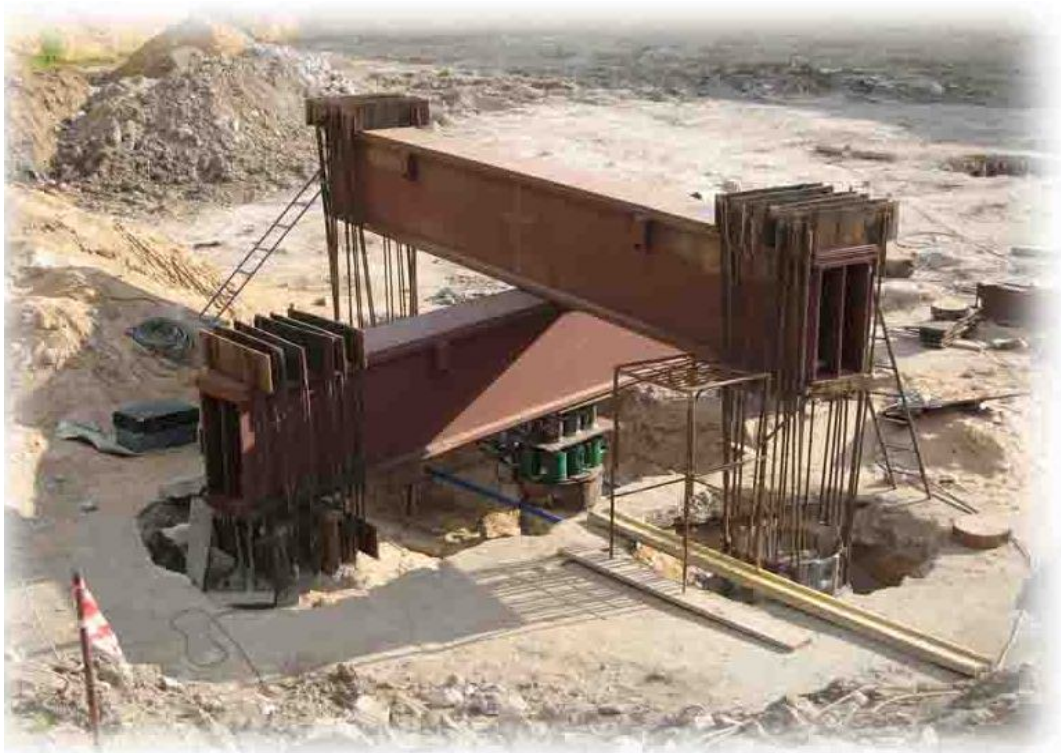


Рис. 4.3 - Випробування талих ґрунтів динамічним (ударним або вібраційним) навантаженням



Рис. 4.4 - Випробування мостів динамічними навантаженнями

4.2 Вибір елементів для випробувань

При випробуваннях споруд вибір елементів для них пов'язаний з вибором місця прикладання навантаження. При цьому необхідно керуватися наступними міркуваннями:

- кількість елементів, що навантажують, має бути мінімальною (час і вартість);

- випробуваннями мають бути охоплені основні елементи споруд або несучі конструкції, що працюють з максимальною інтенсивністю, а також, що мають дефекти та ушкодження;

- слід відбирати об'єкти з найбільш чіткою статичною схемою роботи і закріплення, вільні від додаткових зв'язків, які можуть вносити спотворення в роботу досліджуваних елементів.

При відборі зразків для серійних випробувань з кожної партії відбирають найкращі та найгірші зразки, виявлені шляхом огляду і контролю якості неруйнівними методами.

4.3 Вибір схем і видів навантаження

Схему навантаження уточнюють одночасно з вибором елементів для випробувань. Обрана схема розподілу навантажень повинна забезпечити виявлення в досліджуваних елементах необхідних зусиль і деформацій, достатніх для виявлення характеристик, що визначають. Вибираючи схему навантаження, слід враховувати реальні можливості та умови проведення випробувань, а також їх вартість.

Для статичних випробувань будівельних конструкцій застосовують рівномірно-розподілені (рис. 4.5) і зосереджені навантаження (рис. 4.6). До навантажень для статичних випробувань пред'являють наступні вимоги: їх слід прикладати без ривків і ударів; давати можливість чітко визначати зусилля, що передаються на об'єкт; бути транспортабельними; не вимагати великих витрат роботи і часу для їх застосування і зняття. При випробуваннях з тривалою витримкою навантаження мають бути стабільними.

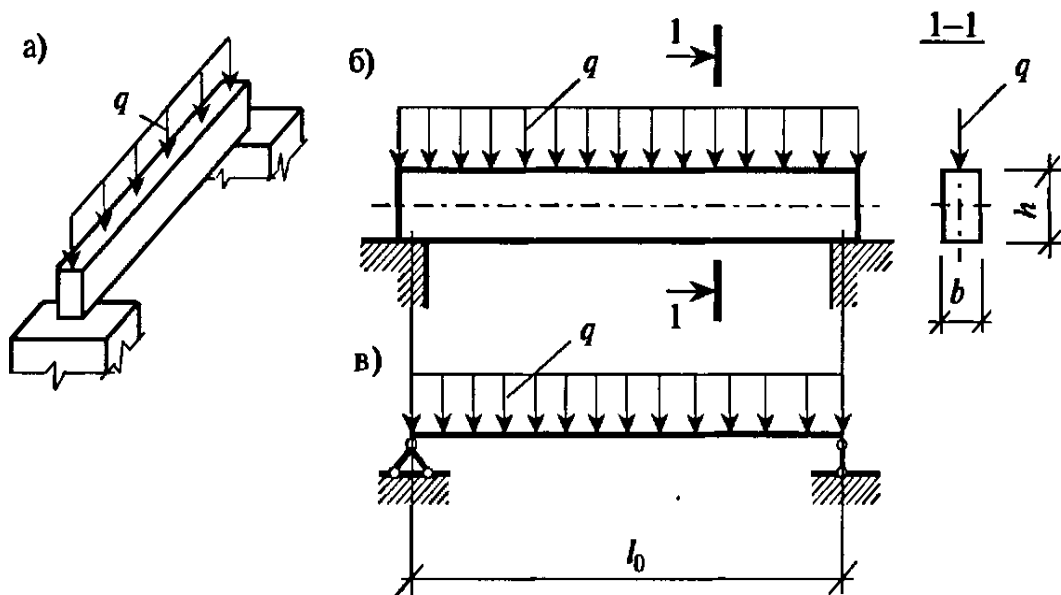


Рис. 4.5 - Рівномірно-розподілені навантаження

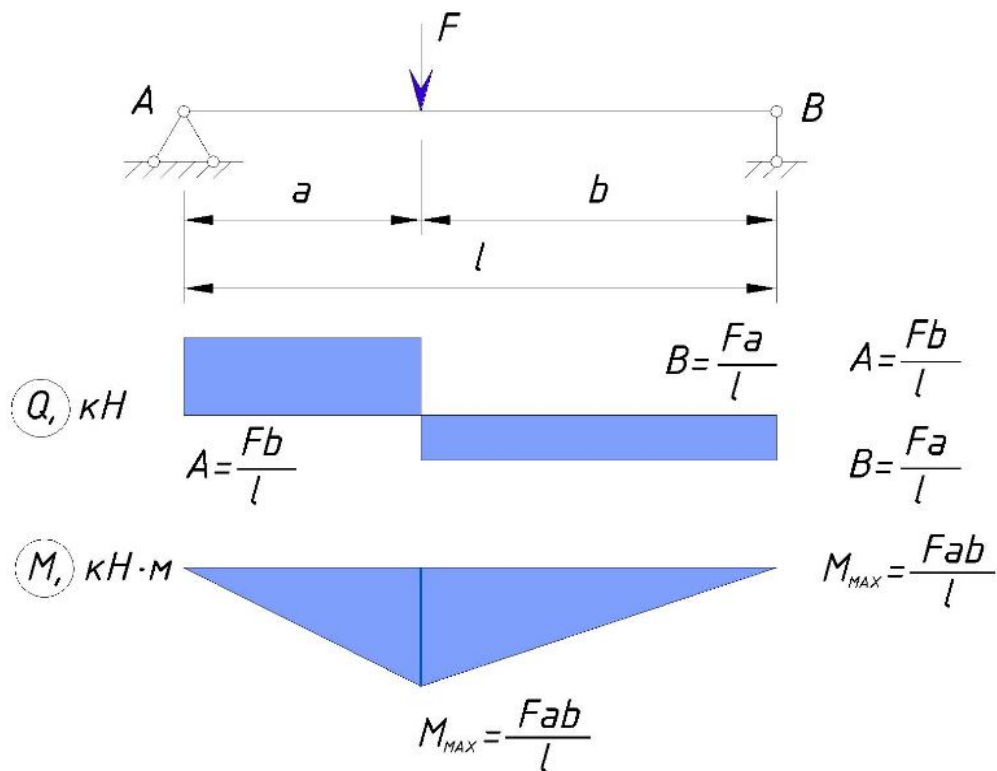


Рис. 4.6 - Зосереджені навантаження

Рівномірно-розподілені навантаження можуть бути прикладені способом завантаження:

- сипкими матеріалами (піском, щебенем) см. рис. 4.2б;
- дрібними штучними вантажами (цеглиною, дрібними блоками) рис. 4.2а;
- великими штучними вантажами (фундаментними блоками);
- водою;
- тиском повітря.

Зосереджені навантаження можуть бути прикладені у такий спосіб:

- підвішуванням вантажів;
- натягачами: лебідками, талями, поліспастиами;
- домкратами (рис. 4.7).

4.3.1 Визначення величини навантаження для випробувань

Якщо споруда після випробування передається в експлуатацію, то за максимальне випробувальне навантаження приймають розрахункове навантаження в самому несприятливому положенні конструкцій.

При необхідності визначити несучу здатність споруди, як дослідницького об'єкту, коли його експлуатацію не передбачають, величина навантаження для випробувань повинна дещо перевищувати руйнівне навантаження, розраховане орієнтовно.

Під час випробування залізобетонних виробів серійного виготовлення за навантаження для випробувань приймають:

- а) при перевірці несучої здатності - розрахункове навантаження, помножене на коефіцієнт $k = 1,25 \dots 1,9$, який залежить від типу конструкції, виду бетону та очікуваного виду руйнування;
- б) при перевірці жорсткості - експлуатаційне значення навантаження.



Рис. 4.7 - Зосереджені навантаження - телескопічні стійки-домкрати

4.3.2 Послідовність навантаження і розвантаження

Ступінь навантаження призначають залежно від цілей випробувань:

- при перевірці міцності і тріщиностійкості ступінь навантаження не повина перевищувати 10% від максимального навантаження;
- при перевірці жорсткості - не більше 20% відповідного контрольного навантаження.

Початковий ступінь навантаження приймають в межах 5...10% від контрольного навантаження. Для стабілізації показань приладів проводять зняття і повторне додавання початкового ступеня навантаження, щоб виключити вплив змінання опорних і навантажених елементів.

При випробуваннях зразків залізобетонних конструкцій діючі стандарти передбачають обов'язкову витримку під навантаженням:

- при контрольних навантаженнях по тріщиностійкості та жорсткості - не менше 30 хвилин;
- після кожного проміжного ступеня вантаження - не менше 10 хвилин.

4.4 Вимірювальні прилади для статичних випробувань і їх застосування

При статичних випробуваннях визначають переміщення або деформації досліджуваного об'єкту. Під переміщеннями розуміють лінійні або кутові відхилення точок даного об'єкту, виміряні в одиницях довжини або градусах. Під деформацією розуміють відносну величину, яка характеризує зміну розмірів в області точки тієї конструкції, або її частині, що досліджують.

Нині для статичних випробувань використовують такі вимірювальні пристрої:

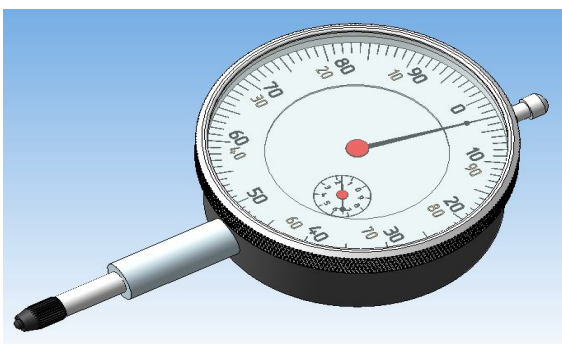
- **для виміру лінійних переміщень:** прогібомери (рис. 4.8, а), сдвігомери (рис. 4.8, б), індикатори годинного типу (рис. 4.8, в) і перетворювачі лінійних переміщень (рис. 4.8, г);
- **для виміру кутових переміщень:** клінометри (рис. 4.9, а, б), сходи (рис. 4.9, в), і перетворювачі кутових переміщень (рис. 4.9, г);
- **для виміру лінійних деформацій:** тензометри (рис. 4.10, а), тензорезистори (рис. 4.10, б) і перетворювачі лінійних деформацій;
- **для виміру зусиль:** динамометри і перетворювачі сили (рис. 4.11);
- **для виміру напруження** - перетворювачі напруження.



а)



б)



в)



г)

Рис. 4.8 - Прилади для виміру лінійних переміщень



a)



б)



в)



г)

Рис. 4.9 - Прилади для виміру кутових переміщень



a)



б)

Рис. 4.10 - Прилади для виміру лінійних деформацій



Рис. 4.11 - Прилади для виміру зусиль

4.5 Оцінка результатів статичних випробувань

Оцінку результатів випробувань проводять на основі аналізу результатів випробувань з порівнянням їх з розрахунковими даними, отриманими по фактичних розмірах, характеристиках міцності і жорсткості. Якнайповніша оцінка може бути отримана при випробуванні конструкції до руйнування. При цьому можна отримати такі дані: характер руйнування, руйнівне навантаження, переміщення конструкції під навантаженням. Ці дані порівнюють з розрахунковими, що і дозволяє судити відносно придатності випробуваної конструкції до подальшої експлуатації або достовірності розрахункових схем і прийнятих методів розрахунку.

Дещо складніше ці питання вирішуються при випробуваннях конструкцій, призначених до експлуатації. В цьому випадку про стан конструкції судять по таких чинниках:

- по напружено-деформованому стану під навантаженням;
- за величиною пружних і залишкових деформацій;
- по поведінці конструкцій при витримці під навантаженням;
- по втратах напруження в заздалегідь напруженій арматурі після навантаження і развантаження.

4.6 Динамічні випробування будівельних конструкцій

Під динамічними навантаженнями розуміють такі дії, параметри яких змінюються в часі за величиною або напрямом:

- інерційні сили, які виникають при роботі стаціонарного устаткування;
- ударні навантаження, які передаються від копров, молотів, пресів і інших механізмів;
- рухливі навантаження, які виникають від кранів, транспортних засобів, руху людських мас;
- пульсації вітру або рідин і газів в трубах і місткостях;
- сейсмічні впливи - при землетрусах і вибухах.

По закономірностях зміни динамічних впливів в часі розрізняють періодичні навантаження і імпульсні. Періодичне навантаження може носити синусоїдальний або складніший характер. Синусоїдальне навантаження називається гармонійним. Будь-який складний періодичний закон зміни динамічних навантажень може бути представлений у вигляді суми гармонійних навантажень.

Різний характер динамічних дій створює і різні види коливальних переміщень. При гармонійних або періодичних навантаженнях в елементах конструкцій виникають постійні коливання, які є результатом дії динамічних сил, інерційної маси конструкції, пружних і непружних реакцій.

При гармонійних коливаннях закон зміни переміщення z залежно від часу t має такий вигляд (рис. 4.12) :

$$z = a \sin(\omega t + \alpha), \quad (4.1)$$

де a - амплітуда коливань;
 $(\omega t + \alpha)$ - фаза коливань, яка визначає положення точки, що коливається, у момент часу t ;
 α - початкова фаза коливань при $t=0$;
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ - кругова (циклічна) частота збудливої сили, дорівнює числу циклів коливань за 2π секунд;
 T - період коливань, дорівнює тривалості одного циклу коливання, сек.;
 $f = \frac{1}{T}$ (Гц) - частота коливань, дорівнює числу циклів коливань за одиницю часу.

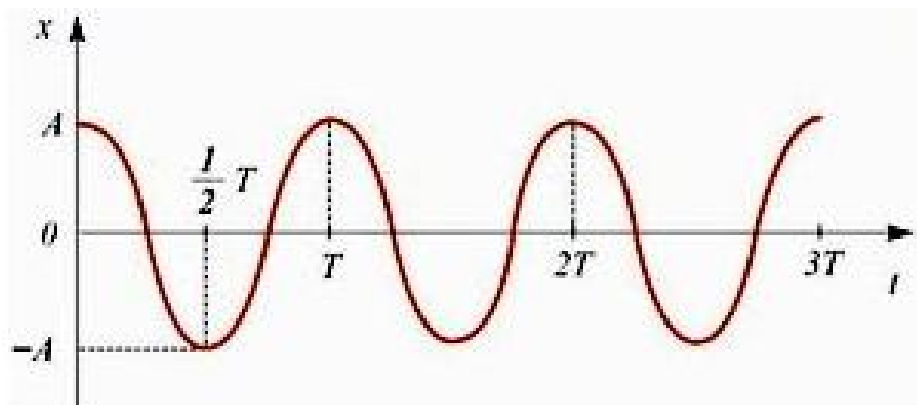


Рис. 4.12 - Графік незгасаючих гармонійних коливань

Основною динамічною характеристикою будь-якої конструкції є властиві їй частоти власних коливань, число яких визначається числом ступенів свободи коливальної системи. До числа систем з одним ступенем свободи відносяться гнучкі балки із зосередженою масою в середині прольоту,

масивні жорсткі фундаменти при вертикальних коливаннях і так далі. Балки з рівномірно розподіленим навантаженням є системою з нескінченним числом ступенів свободи. Кожній частоті власних коливань відповідає своя форма коливань балки (рис. 4.13).

З наближенням частоти збудливої сили, до частоти власних коливань амплітуда коливань конструкції збільшується. При збіжності цих частот амплітуда коливань досягає максимального значення і настає так зване явище «резонансу».

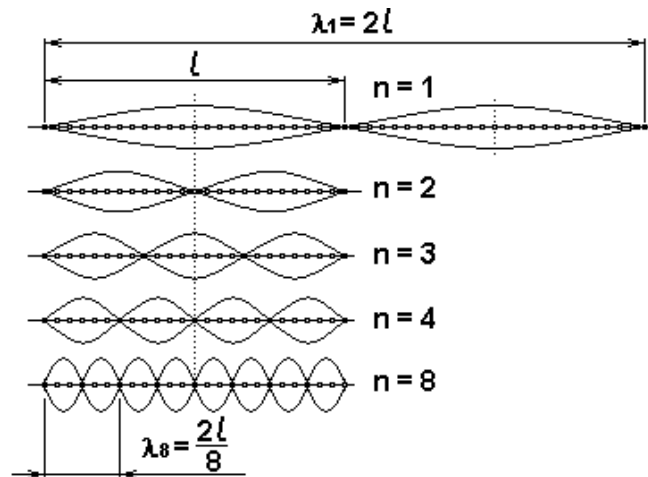


Рис. 4.13 - Форми коливань однопролітної балки

Проте, у зв'язку з тим, що усі будівельні матеріали окрім пружних мають також і непружні властивості, то амплітуда при резонансі завжди буває кінцевою. Як правило, максимального значення амплітуди досягають при частотах збудливої сили, близьких частоті основного (першого) тону власних коливань конструкції.

Динамічні характеристики матеріалів, які визначають за результатами вібраційних випробувань: динамічний модуль пружності (для бетону, каменю і деревини він вище чим статичний модуль пружності); логарифмічний декремент загасання власних коливань; динамічні міцнісні характеристики.

Логарифмічний декремент загасання розраховується по амплітудах власних коливань (рис. 4.14) :

$$\delta = \ln \frac{a_n}{a_{n+1}} \quad (4.2)$$

Основні завдання динамічних випробувань:

- визначення динамічних характеристик конструкцій - частот власних коливань, періоду, коефіцієнтів загасання і форми коливань;
- визначення характеристик динамічних експлуатаційних навантажень - їх значень, напряму, частоти;

- встановлення впливу динамічного навантаження на міцність, жорсткість і тріщиностійкість конструкції;
- встановлення можливості установки на конструкцію агрегатів з динамічними навантаженнями;
- виявлення впливу динамічних навантажень на експлуатаційні умови споруд і на хід технологічного процесу;
- встановлення фізіологічних дій вібрації споруди на організм людини;
- експериментальна перевірка нової методики розрахунку конструкцій на динамічні дії.

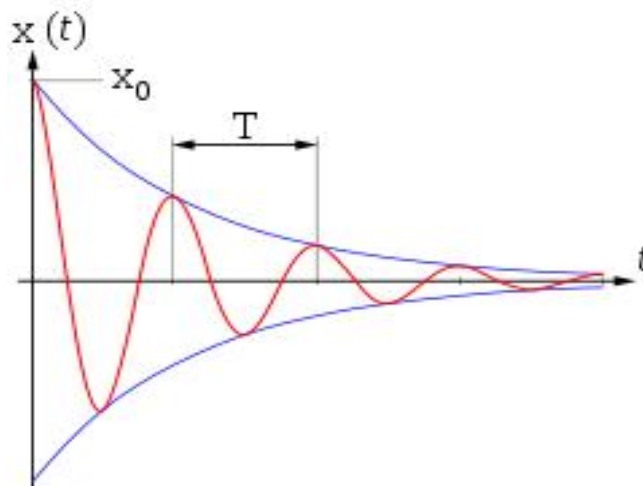


Рис. 4.14 - Графік затухаючих власних коливань

4.7 Оцінка результатів динамічних випробувань

Порівняння результатів динамічних випробувань з результатами розрахункового визначення динамічних параметрів досліджуваних конструкцій дозволяє судити про достовірність прийнятих розрахункових схем і розрахункових параметрів.

При випробуванні конструкцій експлуатаційним навантаженням отримані значення динамічних параметрів конструкції порівнюються з допустимими параметрами (амплітудами, швидкостями, прискореннями) за санітарними або технологічними вимогами.

Експериментально знайдені частоти вільних коливань конструкцій допомагають встановити допустимі режими роботи технологічного устаткування для виключення можливих резонансних явищ. Для запобігання резонансу частоти власних і вимушених коливань повинні відрізнятися не менше чим на 20%.

При динамічних випробуваннях однотипних конструкцій порівняння частот і інтенсивності загасання коливань дозволяє дати порівняльну оцінку стану і експлуатаційної придатності конструкції.

Якщо заміряні амплітуди конструкції виявляються меншими $0,2 \cdot 10^{-4} \cdot l$

де l - довжина конструкції, той вплив динамічного навантаження на її несучу здатність, не враховується.

