

DAP SDK Test Framework - Полное Руководство

Асинхронное тестирование, моки и автоматизация тестов

Команда разработки Cellframe

28 октября 2025

Содержание

1	Информация о документе	3
1.1	История изменений	3
1.2	Авторские права	3
1.3	Лицензия	3
2	Часть I: Введение	4
2.1	1. Обзор	4
2.1.1	1.1 Что такое DAP SDK Test Framework?	4
2.1.2	1.2 Зачем использовать этот фреймворк?	4
2.1.3	1.3 Ключевые возможности	4
2.1.4	1.4 Быстрое сравнение	5
2.1.5	1.5 Целевая аудитория	5
2.1.6	1.6 Предварительные требования	5
2.2	2. Быстрый Старт	6
2.2.1	2.1 Первый тест (5 минут)	6
2.2.2	2.2 Добавление async таймаута (2 минуты)	6
2.2.3	2.3 Добавление моков (5 минут)	7
2.3	3. Справочник API	8
2.3.1	3.1 Async Testing API	8
2.3.2	3.2 Mock Framework API	9
2.3.3	3.3 API пользовательских линкер-оберток	12
2.3.4	3.4 Интеграция с CMake	12
2.4	4. Полные примеры	14
2.4.1	4.1 Тест стейт-машины (Пример из реального проекта)	14
2.4.2	4.2 Мок с callback	15
2.4.3	4.3 Мок с задержками выполнения	15
2.4.4	4.4 Пользовательская линкер-обертка (Продвинутый уровень)	16
2.4.5	4.5 Динамическое поведение мока	17
2.5	5. Глоссарий	19
2.6	6. Решение проблем	20
2.6.1	Проблема: Тест зависает бесконечно	20
2.6.2	Проблема: Высокая загрузка CPU	20
2.6.3	Проблема: Мок не вызывается (выполняется реальная функция)	20
2.6.4	Проблема: Неправильное возвращаемое значение	20
2.6.5	Проблема: Нестабильные тесты (периодические сбои)	20
2.6.6	Проблема: Ошибка компиляции "undefined reference to __wrap"	21

2.6.7 Проблема: Callback мока не выполняется	21
2.6.8 Проблема: Задержка не работает	21

1 Информация о документе

Версия: 1.0.1

Дата: 28 октября 2025

Статус: Production Ready

Язык: Русский

1.1 История изменений

Версия	Дата	Изменения	Автор
1.0.1	2025-10-28	Обновлены примеры, улучшен справочник API, добавлено решение проблем	Команда Cellframe
1.0.0	2025-10-27	Первая версия полного руководства	Команда Cellframe

1.2 Авторские права

Copyright © 2025 Demlabs. Все права защищены.

Этот документ описывает DAP SDK Test Framework, часть проекта Cellframe Network.

1.3 Лицензия

См. файл LICENSE проекта для условий использования.

2 Часть I: Введение

2.1 1. Обзор

DAP SDK Test Framework - это production-ready инфраструктура тестирования для экосистемы блокчейна Cellframe. Она предоставляет комплексные инструменты для тестирования асинхронных операций, мокирования внешних зависимостей и обеспечения надёжного выполнения тестов на разных платформах.

2.1.1 1.1 Что такое DAP SDK Test Framework?

Полное решение для тестирования, включающее:

- **Async Testing Framework** - Инструменты для тестирования асинхронных операций с таймаутами
- **Mock Framework V4** - Мокирование функций без модификации кода
- **Auto-Wrapper System** - Автоматическая конфигурация линкера
- **Self-Tests** - 21 тест, валидирующий надёжность фреймворка

2.1.2 1.2 Зачем использовать этот фреймворк?

Проблема: Тестирование асинхронного кода сложно - Операции завершаются в непредсказуемое время - Сетевые задержки варьируются - Тесты могут зависать бесконечно - Внешние зависимости усложняют тестирование

Решение: Этот фреймворк предоставляет - [x] Защиту от зависаний (глобальный + для каждой операции) - [x] Эффективное ожидание (polling + condition variables) - [x] Изоляцию зависимостей (мокирование) - [x] Реалистичную симуляцию (задержки, ошибки) - [x] Потокбезопасные операции - [x] Кроссплатформенность

2.1.3 1.3 Ключевые возможности

Возможность	Описание	Польза
Global Timeout	alarm + siglongjmp	Предотвращает зависание CI/CD
Condition Polling	Конфигулируемые интервалы	Эффективное ожидание
pthread Helpers	Обёртки для condition variables	Потокбезопасная координация
Mock Framework	На основе линкера (-wrap)	Нулевой техдолг
Задержки	Fixed, Range, Variance	Реалистичная симуляция
Callbacks	Inline + Runtime	Динамическое поведение моков
Auto-Wrapper	Bash/PowerShell скрипты	Автоматическая настройка
Self-Tests	21 комплексный тест	Проверенная надёжность

2.1.4 1.4 Быстрое сравнение

Традиционный подход:

```
// [!] Плохо: занятое ожидание, нет таймаута, трата CPU
while (!done) {
    usleep(10000); // 10ms сон
}
```

C DAP Test Framework:

```
// [+] Хорошо: эффективно, защита таймаутом, автоматическое логирование
DAP_TEST_WAIT_UNTIL(done == true, 5000, "Should complete");
```

2.1.5 1.5 Целевая аудитория

- Разработчики DAP SDK
- Контрибьюторы Cellframe SDK
- Разработчики VPN Client
- Все, кто тестирует асинхронный C код в экосистеме Cellframe

2.1.6 1.6 Предварительные требования

Необходимые знания: - Программирование на C - Базовое понимание асинхронных операций - Основы CMake - Концепции pthread (для продвинутых возможностей)

Необходимое ПО: - GCC 7+ или Clang 10+ (или MinGW на Windows) - CMake 3.10+ - Библиотека pthread - Linux, macOS, или Windows (частичная поддержка)

2.2 2. Быстрый Старт

2.2.1 2.1 Первый тест (5 минут)

Шаг 1: Создайте файл теста

```
// my_test.c
#include "dap_test.h"
#include "dap_common.h"

#define LOG_TAG "my_test"

int main() {
    dap_common_init("my_test", NULL);

    // Код теста
    int result = 2 + 2;
    dap_assert_PIF(result == 4, "Math should work");

    log_it(L_INFO, "[+] Тест пройден!");

    dap_common_deinit();
    return 0;
}
```

Шаг 2: Создайте CMakeLists.txt

```
add_executable(my_test my_test.c)
target_link_libraries(my_test dap_core)
add_test(NAME my_test COMMAND my_test)
```

Шаг 3: Соберите и запустите

```
cd build
cmake ..
make my_test
./my_test
```

2.2.2 2.2 Добавление async таймаута (2 минуты)

```
#include "dap_test.h"
#include "dap_test_async.h"
#include "dap_common.h"

#define LOG_TAG "my_test"
#define TIMEOUT_SEC 30

int main() {
    dap_common_init("my_test", NULL);

    // Добавьте глобальный таймаут
    dap_test_global_timeout_t timeout;
    if (dap_test_set_global_timeout(&timeout, TIMEOUT_SEC, "My Test")) {
        return 1; // Таймаут сработал
    }
}
```

```

    // Ваши тесты здесь

    dap_test_cancel_global_timeout();
    dap_common_deinit();
    return 0;
}

```

Обновите CMakeLists.txt:

```
target_link_libraries(my_test dap_test dap_core pthread)
```

2.2.3 2.3 Добавление моков (5 минут)

```

#include "dap_test.h"
#include "dap_mock.h"
#include "dap_common.h"
#include <assert.h>

#define LOG_TAG "my_test"

// Объявите мок
DAP MOCK_DECLARE(external_api_call);

int main() {
    dap_common_init("my_test", NULL);
    dap_mock_init();

    // Настройте мок на возврат 42
    DAP MOCK_SET_RETURN(external_api_call, (void*)42);

    // Запустите код, который вызывает external_api_call
    int result = my_code_under_test();

    // Проверьте что мок был вызван один раз и вернул правильное значение
    assert(DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(external_api_call) == 1);
    assert(result == 42);

    log_it(L_INFO, "[+] Тест пройден!");

    dap_mock_deinit();
    dap_common_deinit();
    return 0;
}

```

Обновите CMakeLists.txt:

```

include(${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/../test-framework/mocks/DAPMockAutoWrap.cmake

target_link_libraries(my_test dap_test dap_core pthread)

# Автогенерация --wrap флагов линкера
dap_mock_utowrap(my_test)

```

2.3 3. Справочник API

2.3.1 3.1 Async Testing API

2.3.1.1 Глобальный таймаут

```
int dap_test_set_global_timeout(  
    dap_test_global_timeout_t *a_timeout,  
    uint32_t a_timeout_sec,  
    const char *a_test_name  
);  
// Возвращает: 0 при настройке, 1 если таймаут сработал  
  
void dap_test_cancel_global_timeout(void);
```

2.3.1.2 Опрос условий

```
bool dap_test_wait_condition(  
    dap_test_condition_cb_t a_condition,  
    void *a_user_data,  
    const dap_test_async_config_t *a_config  
);  
// Возвращает: true если условие выполнено, false при таймауте  
//  
// Сигнатура callback:  
// typedef bool (*dap_test_condition_cb_t)(void *a_user_data);  
//  
// Структура конфигурации:  
// typedef struct {  
//     uint32_t timeout_ms;           // Макс. время ожидания (мс)  
//     uint32_t poll_interval_ms;    // Интервал опроса (мс)  
//     bool fail_on_timeout;         // abort() при таймауте?  
//     const char *operation_name;   // Для логирования  
// } dap_test_async_config_t;  
//  
// Дефолтная конфигурация: DAP_TEST_ASYNC_CONFIG_DEFAULT  
// - timeout_ms: 5000 (5 секунд)  
// - poll_interval_ms: 100 (100 мс)  
// - fail_on_timeout: true  
// - operation_name: "async operation"
```

2.3.1.3 pthread хелперы

```
void dap_test_cond_wait_init(dap_test_cond_wait_ctx_t *a_ctx);  
bool dap_test_cond_wait(dap_test_cond_wait_ctx_t *a_ctx, uint32_t a_timeout_ms);  
void dap_test_cond_signal(dap_test_cond_wait_ctx_t *a_ctx);  
void dap_test_cond_wait_deinit(dap_test_cond_wait_ctx_t *a_ctx);
```

2.3.1.4 Утилиты времени

```
uint64_t dap_test_get_time_ms(void); // Монотонное время в мс  
void dap_test_sleep_ms(uint32_t a_delay_ms); // Кроссплатформенный sleep
```


2.3.1.5 Макросы

```
DAP_TEST_WAIT_UNTIL(condition, timeout_ms, msg)
// Быстрое ожидание условия
```

2.3.2 3.2 Mock Framework API

Заголовочный файл: dap_mock.h

2.3.2.1 Инициализация фреймворка

```
int dap_mock_init(void);
// Инициализация мок-фреймворка (обязательно перед использованием моков)
// Возвращает: 0 при успехе

void dap_mock_deinit(void);
// Очистка мок-фреймворка
```

2.3.2.2 Макросы объявления моков Простое объявление (авто-включено, возврат 0):

```
DAP MOCK_DECLARE(function_name);
```

С конфигурационной структурой:

```
DAP MOCK_DECLARE(function_name, {
    .enabled = true,
    .return_value.l = 0xDEADBEEF,
    .delay = {
        .type = DAP MOCK_DELAY_FIXED,
        .fixed_us = 1000
    }
});
```

Со встроенным callback:

```
DAP MOCK_DECLARE(function_name, {.return_value.i = 0}, {
    // Тело callback - пользовательская логика для каждого вызова
    if (a_arg_count >= 1) {
        int arg = (int)(intptr_t)a_args[0];
        return (void*)(intptr_t)(arg * 2); // Удваиваем входное значение
    }
    return (void*)0;
});
```

Для пользовательской обертки (без авто-генерации):

```
DAP MOCK_DECLARE_CUSTOM(function_name, {
    .delay = {
        .type = DAP MOCK_DELAY_VARIANCE,
        .variance = {.center_us = 100000, .variance_us = 50000}
    }
});
```

2.3.2.3 Конфигурационные структуры `dap_mock_config_t`:

```
typedef struct dap_mock_config {
    bool enabled; // Включить/выключить мок
    dap_mock_return_value_t return_value; // Возвращаемое значение
    dap_mock_delay_t delay; // Задержка выполнения
} dap_mock_config_t;
```

// По умолчанию: enabled=true, return=0, без задержки

```
#define DAP MOCK_CONFIG_DEFAULT { \
    .enabled = true, \
    .return_value = {0}, \
    .delay = {.type = DAP MOCK_DELAY_NONE} \
}
```

`dap_mock_return_value_t`:

```
typedef union dap_mock_return_value {
    int i; // Для int, bool, малых типов
    long l; // Для указателей (приведение через intptr_t)
    uint64_t u64; // Для uint64_t, size_t (64-бит)
    void *ptr; // Для void*, общих указателей
    char *str; // Для char*, строк
} dap_mock_return_value_t;
```

`dap_mock_delay_t`:

```
typedef enum {
    DAP MOCK_DELAY_NONE, // Без задержки
    DAP MOCK_DELAY_FIXED, // Фиксированная задержка
    DAP MOCK_DELAY_RANGE, // Случайная в [min, max]
    DAP MOCK_DELAY_VARIANCE // Центр ± разброс
} dap_mock_delay_type_t;
```

```
typedef struct dap_mock_delay {
    dap_mock_delay_type_t type;
    union {
        uint64_t fixed_us;
        struct { uint64_t min_us; uint64_t max_us; } range;
        struct { uint64_t center_us; uint64_t variance_us; } variance;
    };
} dap_mock_delay_t;
```

2.3.2.4 Макросы управления

```
DAP MOCK_ENABLE(func_name)
// Включить мок (перехват вызовов)
// Пример: DAP MOCK_ENABLE(dap_stream_write);
```

```
DAP MOCK_DISABLE(func_name)
// Выключить мок (вызов реальной функции)
// Пример: DAP MOCK_DISABLE(dap_stream_write);
```

```
DAP MOCK_RESET(func_name)
```

```

// Сбросить историю вызовов и статистику
// Пример: DAP MOCK_RESET(dap_stream_write);

DAP MOCK_SET_RETURN(func_name, value)
// Установить возвращаемое значение (приведение через (void*) или (void*)(intptr_t)42)
// Пример: DAP MOCK_SET_RETURN(dap_stream_write, (void*)(intptr_t)42);

DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(func_name)
// Получить количество вызовов мока (возвращает int)
// Пример: int count = DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(dap_stream_write);

DAP MOCK_WAS_CALLED(func_name)
// Возвращает true если был вызван хотя бы раз (возвращает bool)
// Пример: assert(DAP MOCK_WAS_CALLED(dap_stream_write));

DAP MOCK_GET_ARG(func_name, call_idx, arg_idx)
// Получить конкретный аргумент из конкретного вызова
// call_idx: 0-базированный индекс вызова (0 = первый вызов)
// arg_idx: 0-базированный индекс аргумента (0 = первый аргумент)
// Возвращает: void* (приведите к нужному типу)
// Пример: void *buffer = DAP MOCK_GET_ARG(dap_stream_write, 0, 1);
//          size_t size = (size_t)DAP MOCK_GET_ARG(dap_stream_write, 0, 2);

```

2.3.2.5 Макросы конфигурации задержек

```

DAP MOCK_SET_DELAY_FIXED(func_name, microseconds)
DAP MOCK_SET_DELAY_MS(func_name, milliseconds)
// Установить фиксированную задержку

DAP MOCK_SET_DELAY_RANGE(func_name, min_us, max_us)
DAP MOCK_SET_DELAY_RANGE_MS(func_name, min_ms, max_ms)
// Установить случайную задержку в диапазоне

DAP MOCK_SET_DELAY_VARIANCE(func_name, center_us, variance_us)
DAP MOCK_SET_DELAY_VARIANCE_MS(func_name, center_ms, variance_ms)
// Установить задержку с разбросом (например, 100мс ± 20мс)

DAP MOCK_CLEAR_DELAY(func_name)
// Убрать задержку

```

2.3.2.6 Конфигурация callback

```

DAP MOCK_SET_CALLBACK(func_name, callback_func, user_data)
// Установить пользовательскую функцию callback

DAP MOCK_CLEAR_CALLBACK(func_name)
// Убрать callback (использовать return_value)

// Сигнатура callback:
typedef void* (*dap_mock_callback_t)(
    void **a_args,
    int a_arg_count,

```

```
void *a_user_data
);
```

2.3.3 3.3 API пользовательских линкер-оберток

Заголовочный файл: dap_mock_linker_wrapper.h

2.3.3.1 Макрос DAP MOCK WRAPPER CUSTOM Создает пользовательскую линкер-обертку с PARAM синтаксисом:

```
DAP MOCK WRAPPER CUSTOM(return_type, function_name,
    PARAM(type1, name1),
    PARAM(type2, name2),
    ...
) {
    // Реализация пользовательской обертки
}
```

Возможности: - Автоматически генерирует сигнатуру функции - Автоматически создает массив void* аргументов с правильным приведением типов - Автоматически проверяет, включен ли мок - Автоматически выполняет настроенную задержку - Автоматически записывает вызов - Вызывает реальную функцию при выключенном моке

Пример:

```
DAP MOCK WRAPPER CUSTOM(int, my_function,
    PARAM(const char*, path),
    PARAM(int, flags),
    PARAM(mode_t, mode)
) {
    // Ваша пользовательская логика здесь
    if (strcmp(path, "/dev/null") == 0) {
        return -1; // Симуляция ошибки
    }
    return 0; // Успех
}
```

Макрос PARAM: - Формат: PARAM(type, name) - Автоматически извлекает тип и имя - Правильно обрабатывает приведение к void* - Использует _Generic() для корректного приведения указателей

2.3.3.2 Упрощенные макросы оберток Для распространенных типов возвращаемых значений:

```
DAP MOCK WRAPPER INT(func_name, (params), (args))
DAP MOCK WRAPPER PTR(func_name, (params), (args))
DAP MOCK WRAPPER VOID_FUNC(func_name, (params), (args))
DAP MOCK WRAPPER BOOL(func_name, (params), (args))
DAP MOCK WRAPPER SIZE_T(func_name, (params), (args))
```

2.3.4 3.4 Интеграция с CMake

CMake модуль: mocks/DAPMockAutoWrap.cmake

```
include(${CMAKE_SOURCE_DIR}/dap-sdk/test-framework/mocks/DAPMockAutoWrap.cmake)
```

```
# Автоматическое сканирование исходников и генерация --wrap флагов  
dap_mock_autowrap(target_name)
```

```
# Альтернатива: явно указать исходные файлы  
dap_mock_autowrap(TARGET target_name SOURCE file1.c file2.c)
```

Как работает: 1. Сканирует исходные файлы на наличие паттернов DAP MOCK DECLARE 2. Извлекает имена функций 3. Добавляет -Wl,--wrap=function_name к флагам линкера 4. Работает с GCC, Clang, MinGW

2.4 4. Полные примеры

2.4.1 4.1 Тест стейт-машины (Пример из реального проекта)

Пример из cellframe-srv-vpn-client/tests/unit/test_vpn_state_handlers.c:

```
#include "dap_test.h"
#include "dap_mock.h"
#include "vpn_state_machine.h"
#include "vpn_state_handlers_internal.h"

#define LOG_TAG "test_vpn_state_handlers"

// Объявление моков с простой конфигурацией
DAP MOCK_DECLARE(dap_net_tun_deinit);
DAP MOCK_DECLARE(dap_chain_node_client_close_mt);
DAP MOCK_DECLARE(vpn_wallet_close);

// Мок с конфигурацией возвращаемого значения
DAP MOCK_DECLARE(dap_chain_node_client_connect_mt, {
    .return_value.l = 0xDEADBEEF
});

static vpn_sm_t *s_test_sm = NULL;

static void setup_test(void) {
    dap_mock_init();
    s_test_sm = vpn_sm_init();
    assert(s_test_sm != NULL);
}

static void teardown_test(void) {
    if (s_test_sm) {
        vpn_sm_deinit(s_test_sm);
        s_test_sm = NULL;
    }
    dap_mock_deinit();
}

void test_state_disconnected_cleanup(void) {
    log_it(L_INFO, "ТЕСТ: state_disconnected_entry() очистка");

    setup_test();

    // Настройка состояния с ресурсами
    s_test_sm->tun_handle = (void*)0x12345678;
    s_test_sm->wallet = (void*)0xABCDEF00;
    s_test_sm->node_client = (void*)0x22222222;

    // Включение моков
    DAP MOCK_ENABLE(dap_net_tun_deinit);
    DAP MOCK_ENABLE(vpn_wallet_close);
    DAP MOCK_ENABLE(dap_chain_node_client_close_mt);
```

```

// Вызов обработчика состояния
state_disconnected_entry(s_test_sm);

// Проверка выполнения очистки
assert(DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(dap_net_tun_deinit) == 1);
assert(DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(vpn_wallet_close) == 1);
assert(DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(dap_chain_node_client_close_mt) == 1);

teardown_test();
log_it(L_INFO, "[+] УСПЕХ");
}

int main() {
    dap_common_init("test_vpn_state_handlers", NULL);

    test_state_disconnected_cleanup();

    log_it(L_INFO, "Все тесты ПРОЙДЕНЫ [ОК]");
    dap_common_deinit();
    return 0;
}

```

2.4.2 4.2 Мок с callback

```

#include "dap_mock.h"

DAP MOCK_DECLARE(dap_hash_fast, {.return_value.i = 0}, {
    if (a_arg_count >= 2) {
        uint8_t *data = (uint8_t*)a_args[0];
        size_t size = (size_t)a_args[1];
        uint32_t hash = 0;
        for (size_t i = 0; i < size; i++) {
            hash += data[i];
        }
        return (void*)(intptr_t)hash;
    }
    return (void*)0;
});

void test_hash() {
    uint8_t data[] = {1, 2, 3};
    uint32_t hash = dap_hash_fast(data, 3);
    assert(hash == 6); // Callback суммирует байты
}

```

2.4.3 4.3 Мок с задержками выполнения

Пример из dap-sdk/net/client/test/test_http_client_mocks.h:

```

#include "dap_mock.h"

```

```

// Мок с задержкой variance: симулирует реалистичные колебания сети
// 100мс ± 50мс = диапазон 50-150мс
#define HTTP_CLIENT MOCK_CONFIG_WITH_DELAY ((dap_mock_config_t){ \
    .enabled = true, \
    .delay = { \
        .type = DAP_MOCK_DELAY_VARIANCE, \
        .variance = { \
            .center_us = 100000, /* центр 100мс */ \
            .variance_us = 50000 /* разброс ±50мс */ \
        } \
    } \
})

// Объявление мока с симуляцией сетевой задержки
DAP_MOCK_DECLARE_CUSTOM(dap_client_http_request_full,
                        HTTP_CLIENT_MOCK_CONFIG_WITH_DELAY);

// Мок без задержки для операций очистки (мгновенное выполнение)
DAP_MOCK_DECLARE_CUSTOM(dap_client_http_close_unsafe, {
    .enabled = true,
    .delay = {.type = DAP_MOCK_DELAY_NONE}
});

```

2.4.4 4.4 Пользовательская линкер-обертка (Продвинутый уровень)

Пример из test_http_client_mocks.c с использованием DAP_MOCK_WRAPPER_CUSTOM:

```

#include "dap_mock.h"
#include "dap_mock_linker_wrapper.h"
#include "dap_client_http.h"

// Объявление мока (регистрация во фреймворке)
DAP_MOCK_DECLARE_CUSTOM(dap_client_http_request_async,
                        HTTP_CLIENT_MOCK_CONFIG_WITH_DELAY);

// Реализация пользовательской обертки с полным контролем
// DAP_MOCK_WRAPPER_CUSTOM генерирует:
// - сигнатуру функции __wrap_dap_client_http_request_async
// - массив void* args для фреймворка моков
// - Автоматическое выполнение задержки
// - Запись вызова
DAP_MOCK_WRAPPER_CUSTOM(void, dap_client_http_request_async,
    PARAM(dap_worker_t*, a_worker),
    PARAM(const char*, a_uplink_addr),
    PARAM(uint16_t, a_uplink_port),
    PARAM(const char*, a_method),
    PARAM(const char*, a_path),
    PARAM(dap_client_http_callback_full_t, a_response_callback),
    PARAM(dap_client_http_callback_error_t, a_error_callback),
    PARAM(void*, a_callbacks_arg)
) {
    // Пользовательская логика мока - симуляция асинхронного HTTP поведения
}

```



```

// Это напрямую вызывает callback'и на основе конфигурации мока

if (g_mock_http_response.should_fail && a_error_callback) {
    // Симуляция ошибочного ответа
    a_error_callback(g_mock_http_response.error_code, a_callbacks_arg);
} else if (a_response_callback) {
    // Симуляция успешного ответа с настроенными данными
    a_response_callback(
        g_mock_http_response.body,
        g_mock_http_response.body_size,
        g_mock_http_response.headers,
        a_callbacks_arg,
        g_mock_http_response.status_code
    );
}
// Примечание: настроенная задержка выполняется автоматически перед этим кодом
}

```

CMakeLists.txt:

```

# Подключение auto-wrap помощника
include(${CMAKE_SOURCE_DIR}/dap-sdk/test-framework/mocks/DAPMockAutoWrap.cmake)

add_executable(test_http_client
    test_http_client_mocks.c
    test_http_client_mocks.h
    test_main.c
)

target_link_libraries(test_http_client
    dap_test      # Тест-фреймворк с моками
    dap_core      # Библиотека DAP core
    pthread       # Поддержка многопоточности
)

# Автогенерация --wrap флагов линкера сканированием всех исходников
dap_mock_utowrap(test_http_client)

```

2.4.5 4.5 Динамическое поведение мока

```

// Мок, который меняет поведение на основе счетчика вызовов
// Симулирует нестабильную сеть: ошибка 2 раза, затем успех
DAP MOCK_DECLARE(flaky_network_send, {.return_value.i = 0}, {
    int call_count = DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(flaky_network_send);

    // Ошибка в первых 2 вызовах (симуляция сетевых проблем)
    if (call_count < 2) {
        log_it(L_DEBUG, "Симуляция сетевого сбоя (попытка %d)", call_count + 1);
        return (void*)(intptr_t)-1; // Код ошибки
    }

    // Успех с 3-го и последующих вызовов

```

```

    log_it(L_DEBUG, "Сетевой вызов успешен");
    return (void*)(intptr_t)0; // Код успеха
});

void test_retry_logic() {
    // Тест функции с повторными попытками при ошибке
    int result = send_with_retry(data, 3); // Максимум 3 попытки

    // Должен завершиться успешно на 3-й попытке
    assert(result == 0);
    assert(DAP MOCK_GET_CALL_COUNT(flaky_network_send) == 3);

    log_it(L_INFO, "[+] Логика повторных попыток работает корректно");
}

```

2.5 5. Глоссарий

Асинхронная операция - Операция, завершающаяся в непредсказуемое будущее время

Auto-Wrapper - Система авто-генерации флагов линкера `--wrap` из исходников

Callback - Указатель на функцию, выполняемую при событии

Condition Polling - Повторная проверка условия до выполнения или таймаута

Condition Variable - pthread примитив для синхронизации потоков

Constructor Attribute - GCC атрибут для запуска функции до `main()`

Designated Initializers - C99 инициализация: `{.field = value}`

Global Timeout - Ограничение времени для всего набора тестов через `SIGALRM`

Linker Wrapping - `--wrap=func` перенаправляет вызовы в `__wrap_func`

Mock - Фальшивая реализация функции для тестирования

Monotonic Clock - Источник времени, не зависящий от системных часов

Poll Interval - Время между проверками условия

pthread - Библиотека POSIX threads

Return Value Union - Объединение для типобезопасных возвратов моков

Self-Test - Тест, проверяющий сам фреймворк тестирования

Thread-Safe - Корректно работает при конкурентном доступе

Timeout - Максимальное время ожидания

Union - C тип, хранящий разные типы в одной памяти

2.6 6. Решение проблем

2.6.1 Проблема: Тест зависает бесконечно

Симптом: Тест выполняется бесконечно без завершения

Причина: Асинхронная операция никогда не сигнализирует о завершении

Решение: Добавьте защиту глобальным таймаутом

```
dap_test_global_timeout_t timeout;
if (dap_test_set_global_timeout(&timeout, 30, "Tests")) {
    log_it(L_ERROR, "Test timeout!");
}
```

Профилактика: Всегда используйте DAP_TEST_WAIT_UNTIL с разумным таймаутом

2.6.2 Проблема: Высокая загрузка CPU

Симптом: 100% CPU во время теста

Решение: Увеличьте интервал polling или используйте pthread helpers

```
cfg.poll_interval_ms = 500; // Менее частый polling
```

2.6.3 Проблема: Мок не вызывается (выполняется реальная функция)

Симптом: Вызывается реальная функция вместо мока

Причина: Отсутствует флаг линкера -wrap

Решение: Проверьте конфигурацию CMake и флаги линкера

```
# Проверьте наличие флагов линкера
make VERBOSE=1 | grep -- "--wrap"
```

```
# Должно быть: -Wl,--wrap=function_name
```

Исправление: Убедитесь что dap_mock_utowrap(target) вызван после add_executable()

2.6.4 Проблема: Неправильное возвращаемое значение

Симптом: Мок возвращает неожиданное значение

Решение: Используйте правильное поле union

```
.return_value.i = 42 // int
.return_value.l = 0xDEAD // указатель
.return_value.ptr = ptr // void*
```

2.6.5 Проблема: Нестабильные тесты (периодические сбои)

Симптом: Иногда проходят, иногда падают

Причина: Состояние гонки, недостаточные таймауты или предположения о времени

Решение: Увеличьте таймауты и добавьте толерантность для проверок времени

```
// Для сетевых операций - используйте щедрый таймаут
cfg.timeout_ms = 60000; // 60 сек для сетевых операций

// Для проверок времени - используйте диапазон толерантности
uint64_t elapsed = measure_time();
assert(elapsed >= 90 && elapsed <= 150); // ±50мс толерантность

// Используйте вариативную задержку для реалистичной симуляции
DAP MOCK_SET_DELAY_VARIANCE(func, 100000, 50000); // 100мс ± 50мс
```

2.6.6 Проблема: Ошибка компиляции “undefined reference to __wrap”

Симптом: Ошибка линкера о __wrap_function_name

Решение: Убедитесь что dap_mock_utowrap() вызван в CMakeLists.txt

```
include(${CMAKE_SOURCE_DIR}/dap-sdk/test-framework/mocks/DAPMockAutoWrap.cmake)
dap_mock_utowrap(my_test)
```

2.6.7 Проблема: Callback мока не выполняется

Симптом: Мок возвращает настроенное значение, но логика callback не выполняется

Причина: Callback не зарегистрирован или мок отключен

Решение: Проверьте что callback установлен и мок включен

```
// Объявите с inline callback (предпочтительно)
DAP MOCK_DECLARE(func_name, {.enabled = true}, {
    // Ваша логика callback здесь
    return (void*)42;
});

// Или установите callback в runtime
DAP MOCK_SET_CALLBACK(func_name, my_callback, user_data);

// Убедитесь что мок включен
DAP MOCK_ENABLE(func_name);
```

Примечание: Возвращаемое значение callback переопределяет конфигурацию .return_value

2.6.8 Проблема: Задержка не работает

Симптом: Мок выполняется мгновенно несмотря на конфигурацию задержки

Решение: Проверьте что задержка установлена после объявления мока

```
DAP MOCK_DECLARE(func_name);
DAP MOCK_SET_DELAY_MS(func_name, 100); // Установка после объявления
```