

ПРОГРАМИ ЗА ОБРАБОТКА НА ПРЕКЪСВАНИЯТА И СЕРВИЗНИ ПРОГРАМИ НА СИСТЕМАТА МИД-2

Петър Г. Петров

Системата МИД-2 е разработена през 1967 г. в Математическия институт с изчислителен център за машината Минск-2 [1] от колектив автори по идеен проект на П. Бърнев и е внедрена в експлоатация през 1968 г. Трите основни части на МИД-2 са операционна система (ОС), система за програмиране (СП) и входна система (ВС). В [2] са описани предназначението и общите функции на ОС. Като части на ОС се явяват програмите за обработка на прекъсванията и сервизните програми.

В настоящата работа се разглеждат детайлно функциите на програмите за обработка на прекъсванията, сервизна програма за контрол и презапис на архива, както и някои въпроси, свързани с организацията на индикациите и извеждането на информация.

1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Осигуряването на автоматичната работа на машината бе един от основните проблеми при разработването на системата МИД-2. При реализацията възникнаха редица трудности поради обстоятелството, че машината Минск-2 не притежава достатъчно добре разработена система за прекъсване, средства за защита на части от оперативната памет (ОП), привилегирани команди и т. н. Съществуващите причини за прекъсване (сигнал от устройствата за печат и перфорация) са съвсем недостатъчни за нормалната работа на една операционна система. Има ситуации, при които машината спира принудително и които не могат да бъдат предотвратени. Такива са командата за спиране на машината, недопустими команди, препълване на разрядната мрежа, сбой при обмен на информация с магнитните ленти (МЛ), неготови за работа входни или изходни устройства, възникване на технически неизправности. Това наложи разработването на редица специални програми, които реагират на сигналите, причиняващи прекъсване или спиране на машината. ОС реагира на сигналите, като предава управлението на различните блокове за обработка на прекъсванията. Предаването на управлението към блоковете за обработка се извършва по два начина: автоматично и неавтоматично. Автоматичният преход се осъществява апаратно или програмно, при което

машината не спира и не е необходима намесата на оператора. При неавтоматичния преход машината спира и това налага намесата на оператора. В такива ситуации, изхождайки от появилата се индикация на пулта на машината и ръководейки се от елементарна и проста за изпълнение инструкция, операторът предава управлението на ОС, като дава старт от определен адрес. В тези случаи операторът фактически се явява като помощник на машината, т. е. разширение на системата за прекъсване. Има обаче ситуации, при които са безпомощни както машината, така и операторът. Такива са появата на безкрайни цикли в някои от потребителските програми или служебните програми, предизвикани от различни по характер причини. Тези цикли не могат да бъдат прекъснати без появата на външни причини. Разбира се, операторът може принудително да спре машината, но за него не е ясно как да продължи нормалната работа на системата. В такива ситуации е необходимо ОС да подаде сигнал за прекъсване на безкрайния цикъл по време. Такива сигнали могат да бъдат дадени само от някакъв часовник, който има връзка с машината. Поради тези и някои други причини е ясно, че автоматичната работа на машината е невъзможна без наличието на апаратен часовник в нея. Това наложи да се разшири системата за прекъсване на машината Минск-2. В Математическия институт на БАН от инж. В. Василев и инж. З. Зарев беше разработен електронен часовник и разширена системата за прекъсване. Това разширение позволи реализирането на програмен часовник, който може да отчита реално време, изразено в минути.

С помощта на часовника ОС може да осъществява контрол над безкрайните цикли и да води отчетност за различните видове работа. Разработеният по този начин вътрешен часовник не е прецизен, но е достатъчен за нуждите на системата МИД-2.

Освен изброените причини за прекъсване съществуват и редица други от програмен характер — прекъсване на нормалната работа поради: неспазване изискванията в системата за програмиране (неправилно обръщение към стандартни подпрограми, използване на недопустими оператори), нарушаване защитата на полета от ОП, опит за използване на невключен в системата транслятор, въвеждане на информация, неправилен обмен на масиви с МЛ и др.

Всички причини за прекъсване в системата могат да се класифицират в следните три основни групи по начина на предаване на управлението за обработка на прекъсванията:

автоматично апаратно — изход на печатащото устройство (БПМ-20) или перфоратор № 1 (ПФ1), изход на перфоратор № 2 (ПФ2), часовник; автоматично програмно — сигнали за прекъсване от СП, защита на паметта, изчерпване заявеното от потребителя време, несъвпадение на контролните суми на масивите от МЛ;

с помощта на оператора — това са причини, предизвикани от командата за спиране на машината, недопустими команди, препълване на разрядната мрежа, сбой при обмен с МЛ, неготови за работа входни или изходни устройства, въвеждане на информация, отчет, технически неизправности.

При обработката на едно прекъсване се извършват редица процедури с цел да се разпознае причината на прекъсването и да се изяснят по-

нататъшните действия на системата. Ако сигналът за прекъсване е даден апаратно, тогава след изпълнението на съответната прекъсваща програма системата продължава нормално своята работа. Ако обаче сигналът за прекъсване е даден по програмен път или чрез намесата на оператора, тогава заедно с обработката на прекъсването се дава индикация на пулта или на печатащото устройство, натрупва се информация в съответни ка-

Таблица 1

Причини за прекъсване	Сигнал апаратно, програмно	Индикация	Натрупване на информация	Намеса на оператора	Вид на прехода автомати-чен, неавтоматичен
1. Печат	A	не	не	не	A
2. Перфорация	П	да	не	не	A
3. Часовник	A	не	да	не	A
4. Време на потребителя	П	да	да	не	A
5. Препълване	П	да	не	да	HA
6. Команда „стоп“ и недопустими команди	П	да	не	да	HA
7. Обръщение към стандартните под-програми	П	да	не	не	A
8. Грешки в СП	П	да	не	не	A
9. Вход на информация	П	да	да	да	A
10. Защита на ОП	П	да	не	не	A
11. Неправилен обмен с МЛ	П	не	да	не	A
12. Сбой МЛ	П	да	да	да	HA
13. Отчет	П	да	да	да	A

талози, дават се указания за оператора. В зависимост от причината системата или продължава работата веднага, или изчаква действията на оператора при изпълнение на съответните указания. Освен за оператора системата дава индикация и за потребителите.

В табл. 1 са дадени видовете причини за прекъсване, използвани в системата МИД-2, като за всяка причина е отбелязано как се подава сигналът (апаратно или програмно), има ли индикация, натрупва ли се информация в съответен каталог, намесва ли се операторът и видът на прехода за обработка на прекъсването.

Натрупването на информация при някои прекъсвания се налага и от известни статистически съображения. От статистическите изследвания, направени в продължение на двегодишна експлоатация на системата, се вижда, че външната памет на машината Минск-2 не е достатъчно сигурна и понякога довежда до спиране на автоматичната работа за кратко време. Още при проектиране на системата се взеха пред вид тези недостатъци и всички служебни програми се дублираха на МЛ. В случай че оригиналът е повреден по някакви причини, тогава се чете дубликатът на програмата и работата продължава. Ако и дубликатът е повреден, тогава машината спира и програмата трябва да се възстанови от перфолента. Предвиден е контрол при многократно четене на дубликатите. Когато четенето на дубликати превиши 20 пъти, това предполага, че МЛ за съот-

ветния оригинал е повредена. В такъв случай системата прекратява работата и дава указание за подменяне на МЛ.

Дублирането на програмите заема известно място на служебната МЛ, но в замяна на това довежда до увеличаване сигурността на работата на външната памет, а оттам и на системата МИД-2.

Обработката на сигналите от БПМ-20 се извършва от специална прекъсваща програма, която е тясно свързана с фиксирано поле от ОП, наречено буфер (БФ). Всяка информация, предназначена за изход на БПМ-20, най-напред се натрупва в БФ, след което се отпечатва в съответен формат. Отпечатването на информацията се извършва по реда на постъпването ѝ в БФ. При това БПМ-20 работи паралелно с процесора, което довежда до уравнивяване на техните скорости, а оттам и до равномерно натоварване на двете устройства.

Всяка клетка от БФ се отпечатва винаги в десетична система с фиксирана запетая, т. е. един печатен ред съдържа знак и девет позиции за цифрите. Поради това трите вида печат (осмичен, с фиксирана и плаваща запетая) са унифицирани и се обработват по съответен начин, още преди да попадне информацията в БФ, от специални стандартни подпрограми. За числа, които трябва да бъдат отпечатани в осмична система, се отделят две клетки в БФ и се отпечатват на два реда на БПМ-20, като при това знаците на двата реда са еднакви.

Числата с плаваща запетая имат вида

$$\pm \text{XXXXXX} \pm \text{PP},$$

където X е десетична цифра, а PP е порядък. Тук мантисата се представя с шест знака, понеже общият брой на позициите е девет.

В системата МИД-2 не се използва апаратният сигнал за прекъсване по причина „перфорация“ на изходните перфоратори. Повод за това дадоха статистическите изследвания, които показаха, че времето за обработка на един символ е сравнимо с времето за неговото перфориране, т. е. докато трае обработката на един символ, има достатъчно време, за да се перфорира предшествуващият го вече обработен символ. Поради това е разработена специална програма, която обработва прекъсванията по причина „перфорация“ на базата на програмни сигнали и извежда информация на изходните перфоратори. Един от перфораторите е определен за извеждане на информация от потребителския архив по желание на потребителя на системата, а другият перфоратор извежда информация само за грешките в СП.

Един от проблемите при разработването на системата МИД-2 беше разпределянето на изходната информация на системата. Поради обстоятелството, че към комплекцията на машината няма пишеща машина, която да бъде използвана за монитор, една част от изходната информация се извежда на БПМ-20 посредством буфера, а друга част — на изходните перфоратори. Това наложи въвеждането на съответни служебни индикации както на бързия печат, така и на перфолентите, които индикации улесняват оператора на пулта на машината и потребителите на системата.

При наличие на изпълнима задача от потребителския архив нерезидентът прочита от МЛ съответния транслятор и му предава управлението, като предварително изпраща в БФ информация за номера на задачата и

номера на поредното изпълнение. Тази информация се нарича „начало“ на изходната информация на задачата и се индицира впоследствие на БПМ-20 на един ред. След работа на СП в БФ се изпраща информация, която се отпечатва на четири реда и включва следната индикация: използваното машинно време (изразено в минути) за поредното изпълнение на задачата от потребителския архив; срок за пазене на задачата в потребителския архив. Тези четири реда се наричат „край“ на изходната информация на задачата. Резултатите от работата на СП се намират между „началото“ и „края“ на изходната информация на задачата. Всички други индикации извън тези граници се отнасят до оператора на пулта на машината. Той разпределя изходната информация по отделните задачи, като се съобразява с индикациите на бързия печат. По време на изпълнение на потребителска програма е възможно да бъде повредена служебна информация поради отсъствие на средства за защита на ОП. При такива ситуации се появява програмен сигнал за прекъсване по причина „защита“. Обработката на това прекъсване довежда до автоматично възстановяване на служебната част на ОП от МЛ и изпращане в БФ на съответната индикация.

2. ПРОГРАМИ ЗА ОБРАБОТКА НА ПРЕКЪСВАНИЯТА

Към програмите за обработка на прекъсванията спадат ЧАСОВНИК, БУФЕР и АВАРИЙНА СИТУАЦИЯ.

Както за предотвратяване на безкрайните цикли, така и за отчитане реалното време на различните видове работа в системата МИД-2 се използва програмата ЧАСОВНИК. Програмата реагира на сигналите за прекъсване по причина „време“ и след съответна обработка на прекъсването предава управлението за продължаване на работата. Като резултат от работата на програмата се натрупва информация, необходима както за водене на отчетност, така и за статистически изследвания. Използуваното време за различните видове работа се натрупва в специални каталози, които се използват от програмата ОТЧЕТ.

По време на работа на системата МИД-2 се отчитат следните времена:

- време за работа на ВС;
- време за работа на СП, т. е. при изпълнение на потребителски програми;
- време за работа на фоновата задача (тест);
- служебно време.

При всеки сигнал за прекъсване по причина „време“ програмата ЧАСОВНИК увеличава съдържанието с единица на фиксирана клетка от програмно защитеното поле на ОП, наречена клетка за време. Освен клетката за време от това поле са отделени също фиксирани клетки за: време за изпълнение на потребителската програма, време за работа на ВС, време за работа на текста и служебно време.

Когато започне изпълнението на потребителска програма, програмата ЧАСОВНИК, освен че отчита всяка минута текущото време, но и сравнява това време със съдържанието на фиксираната клетка за времето на потребителската програма. Ако текущото време надмине заявеното време

на потребителя, тогава изпълнението на потребителската програма автоматически се прекъсва.

Всеки път, когато започва работа ВС, СП или фоновата задача, съдържанието на клетката за време се прибавя към съдържанието на клетката за служебно време, а в самата клетка за време се изпраща нула; след завършване на работата съдържанието на клетката за време се добавя съответно към клетките за време на ВС, СП или теста, а самата клетка за време се анулира. По този начин се отчита времето на различните видове работа с точност до една минута. Сумата от всички времена представлява времето, през което работи системата МИД-2. Програмата ЧАСОВНИК има пряка връзка с управляващата програма на ОС (УП на ОС) и различните транслатори.

Предназначението на програмата БУФЕР е да запълва БФ и да обработва прекъсването по причината „печат“ Програмата включва два блока — Б1 и Б2.

Б1 осигурява запълването на ОП от клетка 400 до клетка 777 и разрешава прекъсване по причина „печат“, когато в БФ има поне едно число за отпечатване. Б1 получава информация от суматора (СМ).

Б2 обработва прекъсването по причина „печат“, осигурява отпечатването на БФ по реда на постъпване на информацията и забранява прекъсването по причина „печат“, когато БФ е отпечатан изцяло.

На фиг. 1 са дадени блок-схемите на Б1 и Б2 при следните означения:

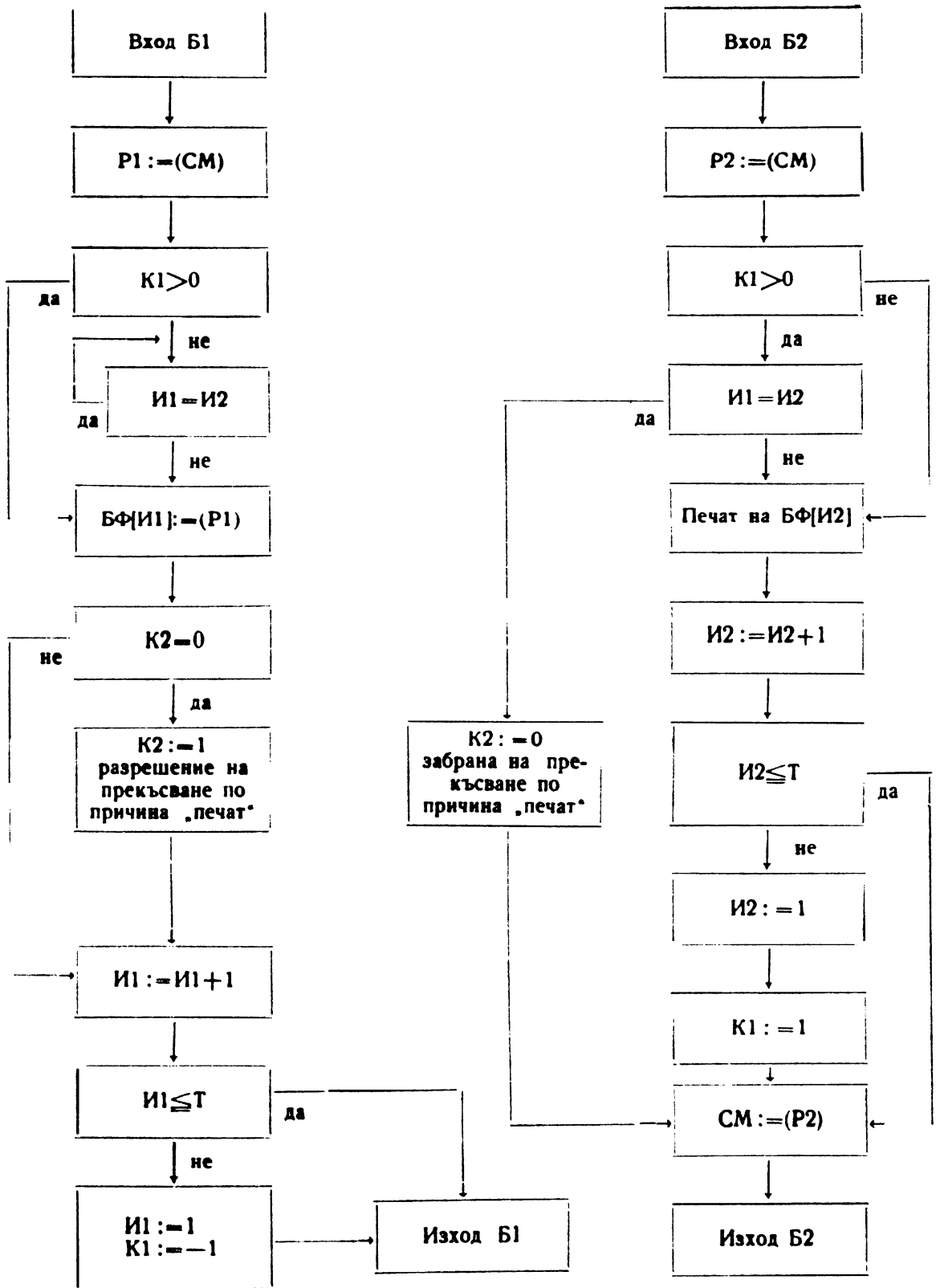
БФ [И1] — клетка от БФ с указател И1; (СМ) — съдържание на суматора; И1, И2 — индексни клетки; Р1, Р2 — работни клетки; К1, К2 — признаци; Т — дължина на БФ в клетки.

Началните стойности на И1, И2, К1, К2 са: И1 = 1; И2 = 1; К1 = 1; К2 = 0.

Запълването на БФ от Б1 се извършва под управлението на указателя И1 ($1 \leq И1 \leq Т$). Когато бъде запълнена последната клетка на БФ (клетката с най-голям адрес), указателят И1 приема стойност 1 и запълването започва от началото на БФ, т. е. може да се говори за цикличност на БФ, както е показано на схемата на фиг. 2.

От тази схема се вижда, че БФ е запълнен от клетка 1 до клетка А — 1 и от В до Т, а свободни са клетките от А до В — 1. Поредното прекъсване по причина „печат“ ще доведе до отпечатване на клетка В (указателят И2 сочи клетката В), а нова информация ще бъде записана в клетка А ($И1 \rightarrow А$). Когато $И1 = И2$, възниква въпросът за състоянието на БФ — пълен или празен. Отговор на този въпрос дава признакът К1. Когато $И1 \neq И2$ и $К1 = 1$, БФ е празен и постъпващата информация може веднага да бъде записана. Когато $И1 = И2$ и $К1 = -1$, БФ е пълен и ако в този момент пристигне информация, то в блока Б1 е организирана „задръжка“ (зацикляне) до отпечатването на поне едно число от блока Б2. Отпечатването ще доведе до $И1 \neq И2$ и тогава новата информация може да бъде записана в клетка с указател И1. А отпечатване непременно ще се извърши поради наличието в системата за прекъсване на причина „печат“.

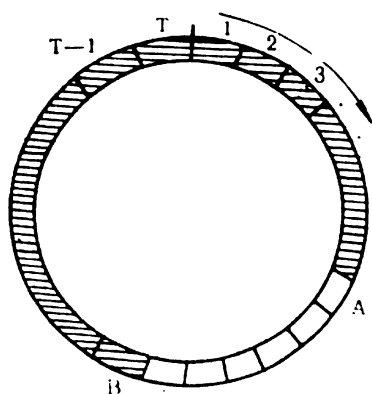
Тази организация на БФ се оказва много удобна и напълно задоволява нуждите на системата МИД-2. Дължината на БФ може да бъде избрана произволно, без да се налагат изменения в системата. Това е



Фиг. 1

въпрос само до константа. Избраната дължина в момента е 256 клетки и е напълно достатъчна за системата.

От блок-схемата (фиг. 1) се вижда, че ако БФ е запълнен докрай и в този момент пристига нова информация, то се изчаква отпечатването на едно число, за да се освободи място за тази информация. Възниква въпросът „Защо трябва да се изчаква?“. В много машини този въпрос може да се разреши чрез въвеждане на буфер във външната памет, вместо да изчаква освобождаването на буфера от ОП. При машината Минск-2 това разрешение е неикономично поради факта, че времето за записване съдържанието на БФ във външната памет на магнитна лента е по-голямо от времето за отпечатване на целия БФ.



Фиг. 2

Програмата БУФЕР се ползува от почти всички програми, реализирани системата МИЛ-2.

Програмата АВАРИЙНА СИТУАЦИЯ се състои от шест блока: АБ1, АБ2, АБ3, АБ4, АБ5 и АБ6.

АБ1 регистрира и обработва аварийни ситуации, възникнали при изпълнение на стандартни подпрограми, и отпечатва информация на БПМ-20, като дава индикация за: номера на стандартната подпрограма, номера на оператора за обръщение към стандартната подпрограма; номера на глава от потребителската програма [3].

Обръщението на всяка стандартна подпрограма към АБ1 в случай на аварийна ситуация се състои от една команда и един ред от параметри, където се указва номерът на стандартната подпрограма. Преходът за обработка на ситуацията се извършва автоматично.

АБ2 регистрира аварийни ситуации, които могат да възникнат по време на изпълнение на потребителска програма, и отпечатва на БПМ-20 индикация за номера на оператора и номера на главата от потребителската програма, където се е появил аварийният стоп. Преходът за обработка на ситуацията се извършва с помощта на оператора на пулта на машината, който задава на клавиатурата адреса на аварийни стоп на машината и дава СТАРТ от фиксирана клетка на ОП (0200).

АБ3 регистрира грешки в СИ по време на транслиране на потребителските програми и извежда информация за грешките на перфолента, която е предназначена за отпечатване на телетайп. При това патокът от изходна информация по различните задачи се разделя посредством индикация на номерата на задачите.

Преходът за обработка на ситуацията е автоматичен.

АБ4 регистрира броя на четене на служебна информация от дубликатите на магнитна лента. Преходът към блока се извършва автоматично.

АБ5 регистрира броя на повторните обръщения към магнитната лента за четене на информация в случай на „сбой МЛ“. Преходът към блока се извършва автоматично.

АББ контролира съдържанието на защитеното поле от ОП, като извършва циклично събиране на всички клетки и получената контролна сума сравнява с константа-еталон. При несъвпадение се регистрира нарушена защита. Преходът към блока се извършва автоматично след изпълнението на всяка потребителска програма.

3. СЕРВИЗНА ПРОГРАМА ПРЕЗАПИС

Основна функция на програмата е да осъществява презаписване на информация от една МЛ на друга МЛ, като едновременно с това се извършва и контролиране на презаписваната информация. Контролът се осъществява, като се сравняват контролните суми на презаписваните участъци от МЛ. Служебната информация на системата МИД-2 се разполага на трети магнетофон (МЗ), а потребителският архив се разполага на нулев (МО) и втори (М2) магнетофон. Първи магнетофон (М1) е работен за системата МИД-2.

Когато се констатира, че някоя МЛ от системата трябва да бъде подменена с нова МЛ (по редица съображения дълго време използвана, скъсана, да се обнови записът на самата МЛ и т. н.), тогава работата на системата МИД-2 се прекратява от оператора и посредством перфолента се включва програмата ПРЕЗАПИС. Всяка МЛ от системата МИД-2 има свой еталонен номер, който е записан на определено място на самата лента. Еталонният номер представлява своеобразен код, който за различните МЛ е различен.

Предвидено е всяка МЛ да има свой дубликат, който се поставя само на М1. МЛ-дубликатите също имат еталонни номера.

Под M_i ($i = 0, 1, 2, 3$) ще разбираме или магнетофон i , или МЛ, която се поставя на M_i .

При такива условия програмата ПРЕЗАПИС има два режима.

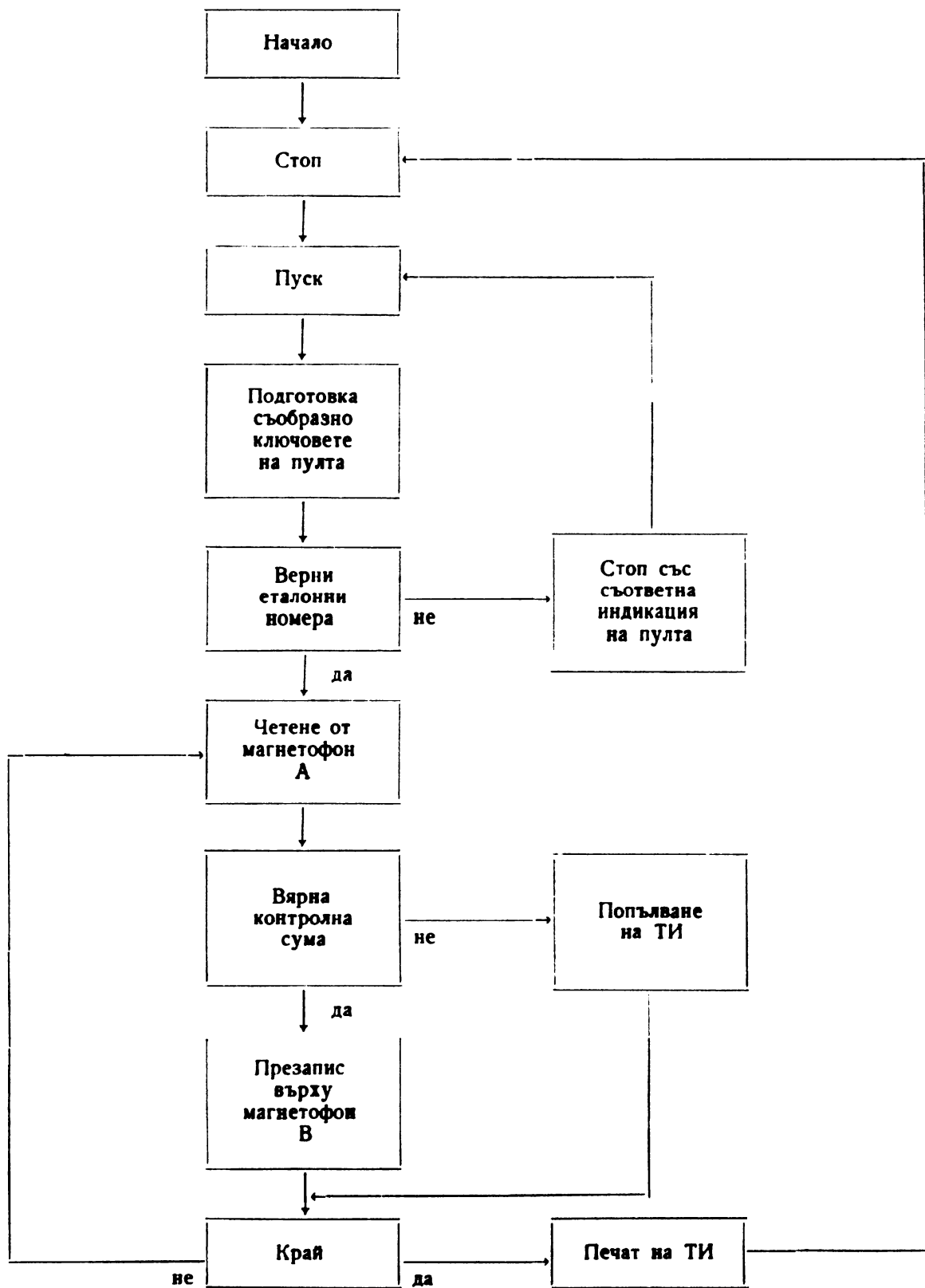
а) презапис върху нова МЛ;

б) презапис върху МЛ-дубликат с обновяване на записа.

Тези режими се управляват с ключ от пулта (0040) от оператора на машината. При режим б), когато някой участък от презаписваната МЛ не се прочита с контролната си сума, тогава той се чете от МЛ-дубликат и се възстановява. По този начин програмата не само извършва презапис от една МЛ на друга, но и обновява записа на първата МЛ. Още повече, когато се работи със служебната МЛ, всички участъци са дублирани и фактически един участък се явява записан на четири места. Ако поне на едно място участъкът е вярно записан, то той се възстановява на останалите места и се обновява. При това алгоритъмът на програмата е избран така, че да се извършват минимален брой движения на магнитните ленти.

Когато някой участък не може да бъде възстановен, тогава програмата дава индикация от два реда на бързия печат. Ако участъкът е от служебната МЛ, указва се номерът на перфолентата, от която може да бъде възстановен. Ако участъкът е от потребителския архив, тогава се указва адресът на групата на съответната МЛ.

Операторът може да извършва презапис от различни магнетофони върху М1 и обратно (от М1 на другите магнетофони), като използва ключовете на пулта на машината.



Фиг. 3

Поради обстоятелството, че магнетофоните на Минск-2 не са взаимозаменяеми, за да се замени една МЛ с нова, трябва да се изпълни два пъти програмата ПРЕЗАПИС в следния ред:

презапис от M_i ($i=0, 2, 3$) върху M_1 ;

презапис от M_1 върху M_i ($i=0, 2, 3$).

Най-напред на M_1 се поставя работна МЛ, върху която се презаписва информация от M_i ($i=1$). След това на M_i ($i \neq 1$) се поставя новата МЛ и се извършва презапис от M_1 върху M_i ($i=1$).

Работата на програмата завършва с отпечатване на индикация на БПМ-20, указваща вида на презаписа и номерата на магнетофоните, участващи в него.

Индикациите за повредени участъци от потребителския архив или от служебната МЛ включват следната информация: адрес на служебната МЛ; адрес на група от потребителския архив; дължина и адрес от ОП на системните програми, които са повредени на МЛ; номер на перфолентата на повредената системна програма.

Единствено каталогът на задачите и служебният каталог не са дублирани на служебната МЛ. Ако тези участъци са повредени, тогава те се възстановяват от перфолента, която се изработва от отпечатъка на тези участъци, получени по време на работата на програма ОТЧЕТ.

Управлението на различните магнетофони с помощта на ключове се извършва съобразно с табл. 2.

Таблица 2

Презапис		Ключове			
от	на	1	2	4	101
M0	M1	0	0	1	0
M2	M1	0	1	0	0
M3	M1	1	0	0	0
M1	M0	0	0	1	1
M1	M2	0	1	0	1
M1	M3	1	0	0	1

0 — изключен ключ 1 — включен ключ.

На фиг. 3 е дадена блок-схемата на служебната програма ПРЕЗАПИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, Ив. и др. Електронни сметачни машини. С., 1966.
2. Бърнев, П., М. Бърнева, П. Петров. Операционна система на МИД-2. — Изв. Мат. институт БАН, 15, 1974, 153–159.
3. Инструкция за ползване на системата за символично програмиране на машината Минск-2. (Вътрешно издание на Мат. институт.)

Постъпила на 27. VII. 1972 г.

ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСТАНОВОВ И ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ МИД-2

Петр Петров

(Резюме)

Рассматриваются некоторые элементы операционной системы МИД-2, разработанной в Математическом институте Болгарской академии наук для ЭВМ Минск-2.

Описываются подробно функции программ для обработки остановов, обслуживающая программа контроля и перезаписки данных архива и ряд вопросов, связанных с организацией нахождения и ввода информации в системе.

INTERRUPTIONS' PROCESSING PROGRAMMES AND SERVICE PROGRAMMES OF THE SYSTEM MID-2

Petăr Petrov

(Summary)

Some sections of the operating system MID-2 for the machine Minsk-2, worked up in the Mathematical Institute of the BAS are considered.

The functions of the interruptions' processing programmes, the service programme for control and re-recording of the archive as well as some questions related to the organization of indications and the put in of information into the system are described in detail.