

# ПОРТФОЛИО

Лобастов Сергей Александрович

Направление подготовки  
*03.06.01 – Физика и астрономия*

Направленность (профиль) подготовки  
*01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики*

## Содержание

- **Общие сведения**
- **Научные публикации**
- **Участие в научных конференциях, семинарах**
- **Участие в грантах**
- **Участие в конкурсах, олимпиадах**
- **Участие в работе научных кружков, научных коллективов**
- **Стажировки**
- **Участие в выставках**
- **Патенты, авторские свидетельства**
- **Именные стипендии**
- **Награды, премии, дипломы**

## 1. Общие сведения

1.1. Тема научно-исследовательской работы: «Разработка метода спектроскопии поверхностного плазмонного резонанса для исследования тонких градиентных плёнок».

1.2. Научный руководитель: Хасанов Илдус Шевкетович, к.ф.-м.н.

1.3. Год поступления в аспирантуру: 2021.

## 2. Научные публикации

*Приводится список научных публикаций с полными выходными данными. В приложении выкладываются отсканированные копии статей с титульными страницами источника, в котором опубликована статья. В конце списка дается ссылка на номер приложения (например, «Копии публикаций приведены в Приложении 1»).*

Статьи по теме диссертационной работы:

Не публиковал

*Статьи в реферируемых журналах:*

А.Е. Белостоцкий, к.т.н., Н.С. Ковалевская, к.т.н., В.Г. Комар, д.т.н., профессор, С.А. Лобастов, аспирант, А.В. Рязанов, аспирант, В.А. Студеникин, В.А. Сычёв, к.т.н., ОАО «НИКФИ», О.И. Великжанин, А.М. Санцевич, ФГУП «ОП НИКФИ». «Разработка технологии восстановления широкоформатных фильмов на базе цифровых методов обработки» // МИР ТЕХНИКИ КИНО, № 14-2009, С.35-42. Копии публикаций приведены в Приложении 1.

*Публикации в трудах конференций*

Не публиковал

## 3. Участие в научных конференциях, семинарах

*Приводится список научных конференций (семинаров), в которых участвовал аспирант с докладом. По каждому пункту указывается название конференции, даты и место проведения, название доклада, соавторы, вид доклада (устный, стендовый и т.д.), можно дать ссылку на сайт конференции, на котором есть подтверждение участия аспиранта. В приложении размещаются копии программы конференции, с отражением участия аспиранта.*

Не участвовал.

## 4. Участие в грантах

*Приводится информация об участии аспиранта в научных грантах: указывается название и номер гранта, учредитель, страна, тема гранта, роль аспиранта (руководитель, ответственный исполнитель, исполнитель).*

Не участвовал.

### **5. Участие в конкурсах, олимпиадах**

*Приводится информация об участии аспиранта в конкурсах, олимпиадах с указанием названий мероприятия, места, сроков проведения, вид участия. В приложении размещаются копии дипломов, грамот, свидетельств и т.д.*

Не участвовал.

### **6. Участие в работе научных кружков, научных коллективов, творческих коллективов**

*Приводится информация об участии аспиранта в работе научных кружков, научных коллективов, творческих коллективов с указанием: названия кружка, подразделение в котором функционирует кружок, период участия, роль в работе кружка. Если возможно, в приложении размещаются подтверждающие документы.*

Не участвовал.

### **7. Стажировки**

*Приводится информация о стажировках, пройденных аспирантом с указанием темы стажировки, места прохождения, периода прохождения. В приложении размещается копия документа, подтверждающего прохождение стажировки.*

Не проходил.

### **8. Участие в выставках**

*Приводится информация об участии аспиранта в выставках с указанием названий выставки, места, сроков проведения, названия экспоната. В приложении размещаются копии дипломов, грамот, свидетельств и т.д.*

Не участвовал.

### **9. Патенты, авторские свидетельства**

*Приводится информация о патентах и авторских свидетельствах, полученных аспирантом. В приложении размещаются копии патентов и авторских свидетельств.*

Не имею.

### **10. Именные стипендии**

*Приводится информация об именных стипендиях, получаемых аспирантом, указывается за какие заслуги назначена стипендия, период начисления стипендии.*

Не получал.

## **11. Награды, премии, дипломы**

*Приводится информация о именных наградах, премиях, дипломах, полученных аспирантом, указывается за какие заслуги они получены, дата получения. В приложении размещаются копии подтверждающих документов.*

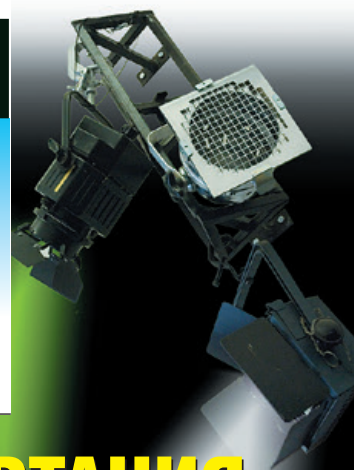
Не получал.

ISSN: 1991-3400

# Мир Кино

## ТЕХНИКИ

ОКТАБРЬ–ДЕКАБРЬ | 14-2009 |



### КОНВЕРТАЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТЕРЕОФИЛЬМОВ

в цифровой  
формат

### ЛИНЕЙНЫЙ МАССИВ

### ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

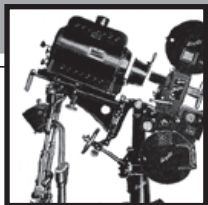
В КИНО

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ В КИНЕМАТОГРАФИИ

### СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ОТБРАЖЕНИЯ

авиационного  
тренажёра





# Разработка технологии ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШИРОКОФОРМАТНЫХ ФИЛЬМОВ на базе цифровых методов обработки



А.Е. Белостоцкий, к.т.н., Н.С. Ковалевская, к.т.н., В.Г. Комар, д.т.н., профессор,  
С.А. Лобастов, аспирант, А.В. Рязанов, аспирант, В.А. Студеникин, В.А. Сычёв, к.т.н., ОАО «НИКФИ»,  
О.И. Великжанин, А.М. Санцевич, ФГУП «ОП НИКФИ»

## Аннотация

Статья посвящена исследованиям по созданию стенда для перевода в цифровую форму широкоформатных фильмов, включающего блок сканирования, лентопротяжный механизм, программное обеспечение для управления. Определены задачи технологии процесса перевода фильмофильмов в цифровую форму и разработки их метрологического обеспечения.

**Ключевые слова:** восстановление кинофильмов, сканирование, перевод в цифровую форму, фильмофильмы 70-мм кинофильмов.

ОАО «НИКФИ» имеет значительный опыт исследовательских работ в области разработки технологий перевода в цифровую форму записи и эффективных систем хранения изобразительной и звуковой информации, что особенно актуально для возрождения многих киношедевров, находящихся у порога истечения срока «жизни».

Работы по восстановлению исходных материалов отечественных фильмов и разработанные НИКФИ технологические процессы изготовления оригиналов записи DVD-Video и перевода на цифровые носители исходных магнитных аналоговых фонограмм кинофильмов [1,2] используются Госфильмофондом РФ, киноконцерном «Мосфильм», Российским государственным архивом кинофотодокументов, ЗАО «Киноvideообъединение «Крупный план» и другими.

В последнее время вопрос сохранности широкоформатных фильмов стал особенно актуальным.

Широкое распространение в 50-80 гг. прошлого века широкоформатного кино, использовавшего в качестве носителя изображения киноплёнки шириной 65/70-мм (негатив/позитив), обеспечило при проекции на больших экранах возможность получения высокого качества изображения и, тем самым, способствовало увеличению количества фильмов, снятых по этой технологии. На

## Abstract

The article gives up to creation of test model for 70 mm films conversion to digital form and long term storage technology of digital content. The device include scanning block, film driver, and control software. Afterwards the standardization and metrology tasks that arise with wide spreading of digital content storage are discussed.

**Keywords:** Film restoration, long term storage, scanning, digitization, widescreen films.

сегодняшний день в России имеется ценнейший архив негативов широкоформатных фильмов. Этот фонд насчитывает более 250 наименований. В этих дорогих постановочных картинах воплотились наивысшие достижения нашего кинематографа того периода. Это такие фильмы, как «Война и мир» режиссёра Сергея Бондарчука, «Освобождение» Юрия Озерова, «Братья Карамазовы» Ивана Пырьева, «Мой ласковый и нежный зверь» Эмиля Лотяну, «Чайковский» Игоря Таланкина и многие другие.

Эти бесценные киноматериалы хранятся уже около 40-50 лет и требуют проведения серьёзных восстановительных работ. Разработка эффективной технологии восстановления негативов широкоформатных фильмов, созданных в 50-80 годах, обеспечивающей им «вечное хранение», является государственной культурно-исторической задачей.

Кроме того, необходимо учитывать тот факт, что в государственных архивах России отсутствует реставрационное оборудование для обработки широкоформатных киноплёнок. Если негативы 35-мм, в случае обнаружения на них таких дефектов, как царапины, потёртость и т.д., реставрируются, то негативы 70-мм такой возможности не имеют.

Температурно-влажностные колебания в процессе хранения, в первую очередь, оказывают влияние на изменение физико-механических свойств негативных киноплёнок, таких как: усадка, коробление и хрупкость. Усадка негативных киноплёнок, особенно в поперечном направлении, может увеличиваться до 0,5-0,6 %, а коробление в 3 раза, до 5-6 мм – по сравнению с первоначальными значениями этих показателей.

Потеря фотослоем влаги и протекание релаксационных процессов в полимерах, составляющих киноплёночную систему, приводит не только к усадке и короблению негативных киноплёнок, но и к повышению хрупкости фотослоя и, как следствие, к хрупкости всей многослойной системы в целом. Негативы с такими физико-механическими показателями практически невозможно использовать для печати и сканирования на стандартном копировальном оборудовании и сканерах, разработанных для производства фильмов.

До того, как была создана технология цифровой записи изображения и звука, длительность хранения кинофильмов оценивалась очень короткими сроками, обусловленными разрушением носителей – фотографической или магнитной ленты. Даже при строгом соблюдении режимов хранения наиболее вероятные сроки хранения оценивались только в несколько сот лет. Поэтому шедевры искусства кино и исторические кинодокументы, представляющие чрезвычайно большую ценность для будущих поколений, были обречены на гибель через исторически короткие сроки после их создания.

Цифровые технологии позволяют коренным образом изменить технологию хранения кинокартин, когда сохраняется контент кинокартины, а не носитель этого контента. Такое стало возможным благодаря тому, что при переносе цифровым способом записи с одного носителя на другой качество изображения и звука стало возможным сохранять практически неизменным на много порядков лет больше, чем ранее. В зависимости от выбранной системы наиболее вероятная продолжительность хранения контента кинокартин может достигать многих тысяч лет.

Работы, проводимые в ОАО «НИКФИ» по созданию технологических процессов, обеспечивающих долгосрочное хранение исходных материалов кинофильмов путём перевода киноматериала в цифровой формат, показали возможность реализации этой задачи. В 2006 г. в ОАО «НИКФИ» были теоретически исследованы принципы создания цифровых систем, основанных на последовательной замене носителей для особо долговременного хранения контента кинокартин. Высказывалось ошибочное мнение, что можно достигнуть значительно увеличения сроков хранения кинокартин путём простого увеличения числа параллельно хранящихся копий кинокартины без всякой перезаписи [3,6,7,8]. В ОАО «НИКФИ» была математически исследована система цифрового хранения, состоящая из трёх одновременно хранящихся носителей с одинаковой записью фрагмента

кинокартины. Записи трёх носителей при этом сравниваются между собой, и как только фиксируется нарушение записи на одном из носителей, он заменяется новым, на который и производится перезапись сигналов с одного из годных носителей [4].

Выполненное в ОАО «НИКФИ» в 2006 году исследование по созданию системы особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме привело нас к выводу, что наиболее целесообразным был бы в то время выбор системы, основанной на применении носителей на жёстких дисках.

Однако в настоящее время положение коренным образом изменяется. За это время были разработаны принципиально новые системы хранения, основанные на применении носителей с твёрдотельной и с голографической записью. Сейчас необходим научно обоснованный выбор наиболее целесообразной системы с учётом новых технологических решений и перспектив их совершенствования.

Технология восстановления широкоформатных фильмов на базе цифровых методов обработки должна обеспечивать их перевод в цифровую форму с использованием специального измерительного стенда, обеспечивающего минимальное усилие в лентопротяжном тракте на киноплёнку, минимальную возможность возникновения механических повреждений, возможность транспортирования материалов, имеющих деформированную (коробленную) основу, большую усадку, изменения размеров перфораций и т.д.

В ОАО «НИКФИ» уже длительное время проводятся работы по применению цифровых методов обработки киноизображений. Эти работы были начаты в 2002 году под руководством заведующего сектором Чаадаева В.В. вместе с группой сотрудников, в которую входили с.н.с. Белостоцкий А.Е., ведущий инженер Мурашов Н.И., с.н.с. Студеникин В.А. и аспиранты Егоров Н.Н. и Лобастов С.А.

В ходе проведения работ была заложена база для дальнейших исследований в области разработки цифровых методов обработки киноизображений – были изготовлены макеты отдельных узлов и блоков для измерительного стенда, разработаны исходные требования для его изготовления, а также отработаны отдельные блоки программного обеспечения.

### Конструкция измерительного стенда

Измерительный стенд имеет два важнейших элемента конструкции, определяющих его основные качественные характеристики. Это лентопротяжный механизм (ЛПМ) и сканирующее устройство.

Особенности конструкции ЛПМ определяются главным образом требованием обеспечить минимальное усилие в лентопротяжном тракте при движении киноплёнки, минимальную возможность возникновения механических повреждений, возможность транспортирования материалов, имеющих деформированную (коробленную) основу, большую усадку, изменения размеров перфораций и т. д.

Конструкция сканирующего устройства включает механические и электронные блоки слайд-сканера производства фирмы «Nikon». Основными доводами такого решения явились не только технические характеристики этих блоков, но и результаты сканирования 70-мм фильмовых материалов.

Экспериментальная проверка изготовленного макета (рис. 1) показала, что он полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к измерительному стенду.



Рис. 1. Внешний вид макета измерительного стенда

Фильмовый канал сканирующего устройства оснащён эксцентриковым механизмом прижима и выравнивания сканируемого материала в кадровом окне (механизм открытия-закрытия фильмового канала). Эксцентриковый механизм обеспечивает в закрытом состоянии надёжную фиксацию, а в открытом состоянии – возможность свободного перемещения сканируемой киноплёнки в фильмовом канале.

Алгоритм работы сканирующего устройства имеет следующие фазы работы:

1. Раскрытие фильмового канала блока сканирования.
2. Установка (перемещение) в кадровое окно фильмового канала сканирующего устройства сканируемого кадра.
3. Фиксация и выравнивание установленного в кадровом окне сканируемого кадра, закрытие фильмового канала.
4. Сканирование установленного в кадровое окно кадра, в процессе которого фильмовый канал перемещается поступательно механизмом блока сканирования.
5. Возвратное поступательное перемещение фильмового канала механизмом блока сканирования.

Условие обеспечения минимальной нагрузки на механизм сканирующего устройства выполняется за счёт формирования свободных петель киноплёнки на входе и на выходе фильмового канала. Во время выполнения операции сканирования, механизмы формирования петель ослабляют натяжение киноплёнки и позволяют механизму сканирующего устройства беспрепятственно перемещать фильмовый канал вместе с зафиксированной в нём киноплёнкой.

Перемещение киноплёнки на один кадр в ЛПМ обеспечивается в открытом состоянии фильмового канала ведущим шаговым двигателем через зубчато-ремённую передачу.

Программное управление этим электроприводом позволяет осуществить перемещение 70-мм киноплёнки на различное число перфораций, что позволит в дальнейшем обрабатывать кадры с различным соотношением сторон.

Механизмы сматывателя и наматывателя киноплёнки имеют идентичную конструкцию и рассчитаны на 300 метров сканируемого материала. В процессе разработки этих механизмов были изготовлены и испытаны два варианта. Первый вариант выполнен на базе шаговых электродвигателей с приводом шпинделей через червячные редукторы. Второй вариант выполнен на базе асинхронных электродвигателей глубокого скольжения с прямым приводом шпинделей. Оба варианта обеспечивали стабильное натяжение ветвей киноплёнки и оснащены следящими системами автоматического регулирования по сигналам от датчиков натяжения. Вариант с шаговыми электродвигателями был отвергнут из-за повышенных вибраций и нестабильной, неустойчивой и весьма жёсткой работы. Предпочтение было отдано классической схеме на асинхронных электродвигателях с датчиками натяжения плёнки. Эта система обеспечила стабильную и мягкую работу механизмов подачи и приёма киноплёнки.

В процессе разработки конструкции измерительного стенда были рассмотрены варианты расположения сканируемого материала в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Опытным производством НИКФИ, на основе проведённых экспериментов, разработана конструкторская документация и изготовлено сканирующее устройство, позволяющее обеспечить сканирование широкоформатных фильмовых материалов (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид измерительного стенда

## Управление лентопротяжным механизмом

### 1. Схема управления лентопротяжным механизмом.

Схема управления ЛПМ в общем виде представлена на рис. 3. Стрелками показаны информационные потоки между узлами схемы.



Центральным узлом в управлении ЛПМ является контроллер. Он связан с пультом управления (ПУ), персональным компьютером (ПК) и приводами ЛПМ:

- один привод транспортирования киноплёнки;
- два привода формирователя петли киноплёнки;
- один привод прижимной рамки.

В процессе управления контроллер обеспечивает синхронизацию работы этих приводов между собой с учётом функционирования сканирующего устройства посредством ПК. Кроме того, ЛПМ имеет два автономных привода подмотки (смазывателя/наматывателя), которые функционируют по мере транспортировки киноплёнки.

Все приводы ЛПМ должны обеспечивать «щадящий» режим не только во время транспортировки киноплёнки, но даже и во время стояния.

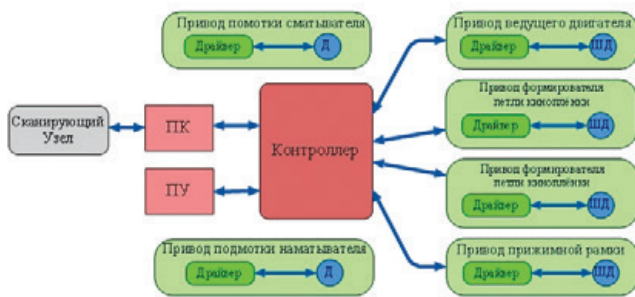


Рис. 3. Схема управления ЛПМ

## 2. Пульт управления (ПУ)

Внешний вид ПУ представлен на рис. 4.



Рис. 4. Пульт управления

ПУ представляет собой дополнительный узел к контроллеру и предназначен для обеспечения автономной работы измерительного стенда без проведения сканирования.

ПУ имеет два дисплея:

- формат кадра (2 разряда);
- номер сканируемого кадра.

С помощью клавиатуры ПУ можно задавать следующие режимы работы ЛПМ:

- «Стоп» — статичный режим для зарядки/разрядки киноплёнки;

- «Прямой ход»/«Обратный ход» — покадровая транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении;

- «Перемотка вперёд»/«Перемотка назад» — ускоренная транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении;

- «Выбор кадра» — покадровая транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении для выбора первого кадра перед началом сканирования;

«Установка кадра» — поперфорационная транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении для установки границы первого кадра перед началом сканирования.

Кроме того, с помощью ПУ происходит выбор формата кадра — количество перфораций на кадр и сброс счётчика кадров. ПУ построен на основе микроконтроллера AtMega8515 [5].

## 3. Привод транспортирования киноплёнки

Главная задача транспортирования киноплёнки заключается в её строго поперфорационном смещении в любом режиме работы ЛПМ. Наилучшим образом справиться с этой задачей может шаговый двигатель. В качестве такого двигателя применён отечественный шаговый двигатель ДШИ-200-3, а в качестве устройства управления им применён драйвер PLD003 фирмы PureLogic RND. Внешний вид двигателя и драйвера представлен на рис. 5.

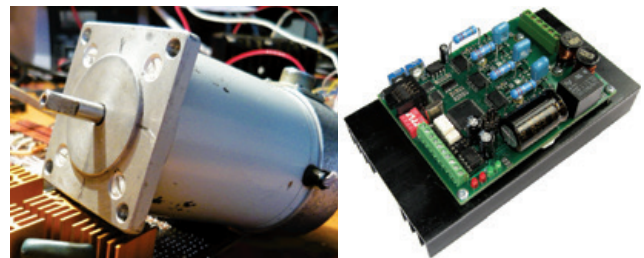


Рис. 5. Внешний вид двигателя ДШИ-200 (слева) и драйвера PLD003 фирмы PureLogic RND (справа)

На рис. 6 приведена временная диаграмма работы драйвера PLD003.

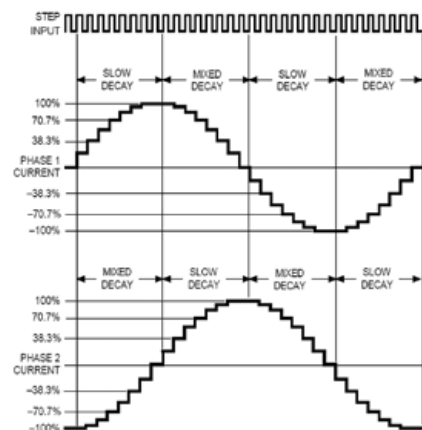


Рис. 6. Временная диаграмма работы драйвера PLD003. Дробление шага равно 8

Для того чтобы ротор шагового двигателя стал вращаться, на вход драйвера должна поступать последовательность импульсов STEP INPUT определённой частоты. Эти импульсы вырабатываются в контроллере во время включения любого режима транспортирования киноплёнки. В простейшем случае работы шагового двигателя на него можно подавать импульсы прямоугольной формы, сдвинутые на 90°. Но такие импульсы приведут к резким скачкам ротора шагового двигателя, что, в свою очередь, приведёт к ударным нагрузкам на киноплёнку. Поэтому прямоугольные импульсы заменены сдвинутыми на 90° псевдо-синусоидальными сигналами посредством дробления шага. На рис. 6 показаны выходные токовые сигналы PHASE 1 CURRENT и PHASE 2 CURRENT, где процентами обозначены значения тока в соответствии с синусоидальным законом.

Прекращение подачи входной последовательности импульсов приведёт к остановке ротора шагового двигателя в некотором положении относительно полюсов статора. Для удержания ротора в этом положении необходимо поддерживать последние значения тока. Но в режиме «стояния» шаговый двигатель представляет собой постоянное сопротивление малой величины, следовательно, по выходным каскадам драйвера и в обмотке статора потечёт большой ток, что приведёт к их нагреву и выходу из строя. Если значения тока сделать нулевыми, то это приведёт к «сваливанию» ротора к ближайшему полюсу статора, т.е. остановка будет неоднозначной.

Поэтому при переходе в режим стояния киноплёнки ротор шагового двигателя должен быть остановлен напротив полюса статора. В этом случае в одном из выходных сигналов значение тока равно нулю само по себе, а в другом – оно имеет максимальное значение, но может быть быстро понижено до величины, требуемой для удержания ротора в данном положении при наличии внешних статических нагрузок на него. В данном драйвере эта задача представляет определённую трудность, поскольку нет обратной связи о текущем значении дробления шага.

#### 4. Приводы формирования петель

Задача формирования петель киноплёнки как на входе в фильм канал блока сканирования, так и на выходе из него, заключается в следующем:

- перед зарядкой киноплёнки, покадровой транспортировкой или любой перемоткой приводы должны свести качающиеся рычаги так, чтобы петли киноплёнки были выбраны, т.е. чтобы киноплёнка имела некоторый допустимый натяг, что позволит держать или транспортировать киноплёнку в жёстком контуре;

- перед выполнением операции сканирования приводы должны развести качающиеся рычаги так, чтобы образовались свободные петли киноплёнки, что позволит механизму блока сканирования сканирующего устройства беспрепятственно перемещать фильм канал вместе с зафиксированной в нём киноплёнкой в свободном контуре.

В этих приводах применены шаговые двигатели PL57H76-3.0-6 фирмы PureLogic RND, а в качестве устройств управления ими применены драйверы, разработанные в НИКФИ. Внешний вид двигателя и драйвера представлен на рис. 7.

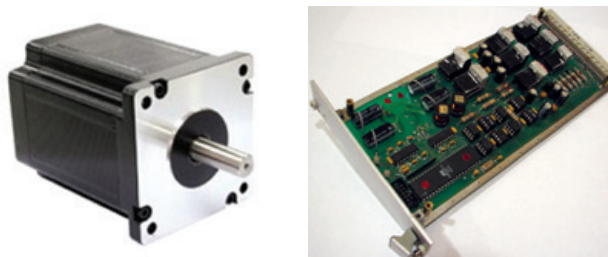


Рис. 7. Внешний вид двигателя PL57H76-3.0-6 фирмы PureLogic RND (слева) и драйвера разработки НИКФИ (справа)

В этих приводах также применено дробление шага для формирования сдвинутых на 90° псевдо-синусоидальных сигналов. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет получать псевдо-синусоидальность выходных сигналов по току при неизменной величине их напряжения. Выходные каскады приводов, учитывая свойства двигателей, выполнены по «мостовой» схеме. Приводы построены на основе микроконтроллеров AtMega8515. Применение шаговых двигателей в этих приводах позволяет использовать только по одному датчику крайних положений качающихся рычагов. Достигание других крайних положений осуществляется лишь подсчётом шагов двигателей. Команды на сведение или разведение качающихся рычагов приводы получают от контроллера и возвращают ему подтверждения их выполнения.

#### 5. Приводы подмотки (смотывателя/наматывателя)

Как отмечалось выше, приводы подмотки являются автономными узлами и функционируют по мере движения киноплёнки. Сигналом для работы привода в ту или иную сторону является срабатывание датчика натяжения киноплёнки. Это натяжение различно в разных режимах работы ЛППМ.

Первоначально предполагалось использовать здесь также шаговые двигатели с применением цифрового датчика. Однако испытания показали, что неизбежные люфты в механизмах привода и «жёсткая» характеристика шагового двигателя приводят к колебательному процессу работы привода, что само по себе недопустимо и пагубно влияет на киноплёнку.

Поэтому остановились на применении отечественного трёхфазного асинхронного двигателя с «мягкой» характеристикой глубокого скольжения. В качестве устройства управления двигателем в сочетании с блоком питания применён блок разработки ЛОМО. В качестве датчика натяжения киноплёнки используется потенциометр. Управление двигателем амплитудное, используется однофазный режим с ёмкостью-расщепителем.

Блок питания каждого привода вырабатывает два пе-

ременных напряжения 30В 50Гц (прямое и сдвинутое на 90°) для работы двигателя и постоянное напряжение 27В для работы тормоза двигателя, когда ЛПМ не готов к работе (например, не заряжена киноплёнка).

В основе регулирования прямого напряжения лежит работа транзисторного компаратора (схемы с глубокой положительной обратной связью). На вход этого компаратора поступает с одной стороны напряжение, определяемое потенциометром датчика натяжения киноплёнки, с другой – напряжение, линейно нарастающее за время одного полупериода питающего напряжения. При равенстве этих напряжений компаратор срабатывает и управляет выходным элементом, который пропускает в двигатель только ту часть полуволны прямого питающего напряжения, которая следует сразу за срабатыванием компаратора. Момент срабатывания компаратора зависит от напряжения, определяемого потенциометром датчика натяжения киноплёнки. Это, в свою очередь, приводит к изменению напряжения на двигателе в диапазоне 180÷70В, чем определяется регулирование момента ротора двигателя, следовательно, управление скоростью его вращения. Фактически здесь происходит та же самая широтно-импульсная модуляция, что описана выше, но решаемая аналоговым путём и по другому закону управления.

Сдвинутое на 90° переменное напряжение неизменно, оно только определяет направление вращения ротора.

## 6. Привод прижима рамки

Задача прижима рамки в фильмовом канале блока сканирования:

- перед выполнением операции сканирования эксцентриковый механизм прижима должен обеспечить в закрытом состоянии рамки надёжную фиксацию киноплёнки, что позволит механизму блока сканирования сканирующего устройства беспрепятственно перемещать фильмовый канал вместе с зафиксированной в нём киноплёнкой;
- после выполнения операции сканирования эксцентриковый механизм прижима должен обеспечить в открытом состоянии рамки свободное перемещение киноплёнки в фильмовом канале, что позволит беспрепятственно транспортировать киноплёнку на любое количество кадров в любом направлении.

В этом приводе применён шаговый двигатель PM3522-02A фирмы STEPMOTOR, а в качестве устройств управления ими применён драйвер, разработанный в НИКФИ. Внешний вид двигателя и драйвера представлен на рис. 8.

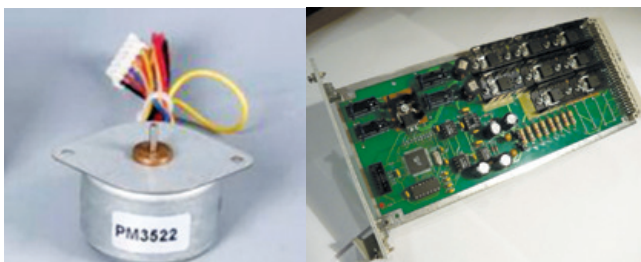


Рис. 8. Внешний вид двигателя PM3522-02A (слева) и драйвера

## разработки НИКФИ (справа)

В этом приводе также применено дробление шага для формирования сдвинутых на 90° псевдо-синусоидальных сигналов. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет получать псевдо-синусоидальность выходных сигналов по току при неизменной величине их напряжения.

Выходные каскады привода, учитывая свойства двигателя, выполнены по «однотактной» схеме. Приводы построены на основе микроконтроллеров AtMega128 [5].

## Программирование системы управления лентопротяжным механизмом

### 1. Разработка и отладка программного обеспечения для ПУ и управления приводом формирования петли

При разработке использовалась программная оболочка AVR Studio.4 [5], инструмент программирования микроконтроллеров фирмы Atmel семейства AVR, включая Mega.

Программирование осуществлялось в «ассемблере» без разбиения на блоки и без применения библиотек, поэтому привести исходный текст программ в данной статье не представляется возможным. Программирование микроконтроллера AtMega8515 осуществлялось с помощью внутрисхемного программатора AS2 фирмы Atmel, укомплектованного программой AS2ISP, разработанной в АРГУССОФТ Компании.

### 2. Разработка и отладка программного обеспечения для управления приводом прижимной рамки

Для написания программы управления приводом прижимной рамки использовалась интегрированная среда разработки IAR Embedded Workbench [10], очень мощный и удобный инструмент программирования микроконтроллеров фирмы Atmel семейства AVR, включая Mega. Это отладочная среда. В неё входят компилятор с языка Си, ассемблер, компоновщик и отладчик. Встроенный редактор специально настроен на синтаксис языка Си. В этой среде на языке Си был написан код программы. Он включал в себя:

- а) функцию Init\_Timer, инициализирующую начальные параметры счётчика микроконтроллера;
- б) функцию Command\_handling, осуществляющую обработку команд, приходящих с контроллера (опрашивание соответствующих портов ввода-вывода, расшифровка пришедшего сигнала, посылка ответного сигнала контроллеру);
- в) основной код, позволяющий управлять двигателями (генератор импульсов).

Затем данный код при помощи внутрисхемного программатора и программы AvrProg [5] был перенесён на микроконтроллеры, управляющие двигателями (AtMega128). При помощи осциллографа, а также двигателя постоянного тока отслеживалась форма сигнала, подаваемого на управляемый двигатель, и равномерность вращения управляемого двигателя. Полученные

результаты удовлетворяли поставленным требованиям.

### 3. Разработка и отладка программного обеспечения для общей системы управления лентопотяжным механизмом (в том числе, приводом скачкового механизма – ведущего двигателя) (УЛПМ)

Контроллер УЛПМ построен на использовании микроконтроллера AtMega162 фирмы Atmel. Набор инструментов и функций данного микроконтроллера позволил использовать его также и для управления приводом скачкового механизма, что позволило упростить электрическую схему системы управления и обеспечить её синхронизацию. Программный код включил в себя:

а) инициализацию начальных параметров микроконтроллера: задание параметров счётчика, установку портов в режим запись/чтение и выбор скорости передачи данных по Универсальному Синхронному и Асинхронному Приёмопередатчику (USART);

б) библиотеку UART\_API, отвечающую за обмен данными по USART (с ПУ и ПК);

в) программный код управления приводом скачкового механизма. Благодаря выбранному драйверу импульс управления представляет собой обычный меандр;

г) команды управления приводом прижимной рамки;

д) декодер команд управления ЛПМ, входящих с ПУ и ПК.

Ниже приведён пример программного кода: функция UART0\_transmit, отвечающая за передачу данных через последовательный порт UART0 (RS-232) контроллера в

библиотеке UART\_API.

Затем данный код при помощи программатора и программы AvrProg был перенесён на процессор, управляющий двигателями (AtMega162 [5]). При помощи осциллографа отслеживалась форма сигналов, подаваемых на двигатель, ПУ и ПК. Часть программного кода, относящаяся к управлению сканирующим узлом, на данный момент находится в стадии разработки.

Работоспособность программы была проверена, возможные режимы опробованы. Были проведены испытания управления ЛПМ с ПУ при различных режимах работы (перемещение на кадр, перемотка, поперфорационный сдвиг).

### Вопросы стандартизации процесса перевода фильмоновых материалов в цифровую форму

Изготовление макета сканера позволяет перейти к решению технологических задач.

Несмотря на то, что уже на протяжении нескольких лет производится перевод фотографий и фильмоновых материалов в цифровую форму, до сих пор неопределёнными остаются два важнейших вопроса:

1. Что хранить? Сканер, по сути, является измерительным устройством. В процессе сканирования измеряются три цветоделённых световых потока в каждой точке оригинала (или в соседних точках, расположенных настолько близко, что в смысле цветовоспроизведения можно считать их совпадающими). В результате получаются три

```

U8 UART0_transmit(U8 *buffer0, U8 length0, void (*callback0)(void))
{__disable_interrupt(); //Выкл. прерывания на время обработки
                          //след. строчек
  UART0_Tx_buffer = buffer0; //Установка посылки
  UART0_Tx_cb = callback0; //Установка функции обратного вызова
  UART0_Tx_cnt = length0; //Установка длины посылки
  __enable_interrupt(); //Вкл. Прерывания

  switch (length0) //Оператор
  {
  case 0: //Вариант 0
    UART0_Tx_cb(); //Исполнить функцию обратного вызова
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  case 1: //Вариант 1
    UCSR0B |= (1 << TXEN0)|(1 << TXCIE0); //Включение Передачи и прерывания по
    //её завершению
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer; //Передача байта информации
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  case 2: //Вариант 2(двухбайтная посылка)
    UCSR0B |= (1 << TXEN0)|(1 << TXCIE0); //Включение Передачи и прерывания по
    //её завершению
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer++; //Передача байта информации
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer; //Передача байта информации
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  default: //Вариант по умолчанию (многобайтная посылка)
    UCSR0B |= (1 << TXEN0); //Включение Передачи
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer++; //Передача байта информации
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer++; //Передача байта информации
    UCSR0B |= (1 << UDRIE0); //Включение прерывания при пустом
    //регистре UDR
    UART0_Tx_cnt -= 2; //Счётчик Передачи сдвинуть на 2 назад
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  } //конец switch
}

```

числа, которые назовём условно R, G и B. Эти числа пока не имеют ничего общего с координатами цвета в одной из стандартизованных RGB систем, если только совокупная спектральная чувствительность измерительного тракта каждого цветоделённого канала не соответствует в точности кривым сложения этой цветовой системы, чего по различным причинам не может быть никогда. Далее измеренные значения линейным матричным или нелинейным табличным преобразованием приводятся к одной из стандартизованных систем цветовых координат. Вариантов может быть множество:

- оптические плотности Статус А или Статус М, привычные всем технологам, работающим с киноплёнкой;
- копировальные оптические плотности в отношении определённой позитивной киноплёнки или какой-либо обобщённый вариант, использующий «средние» на сегодняшний день характеристики позитивных киноплёнок (например, Академическая копировальная плотность, предложенная Советом по Науке и Технологии Академии Кинематографического Искусства и Науки [9]);
- цветовые координаты XYZ, получающие всё большее распространение в связи с развитием цифрового кино;
- какая-либо из RGB систем, которых к настоящему времени накопилось более десятка в различных модификациях; и т.д.

Каждый из вариантов имеет определённые достоинства и недостатки, и необходима серьёзная работа с привлечением специалистов различных кинематографических предприятий для оптимального и универсального выбора одной или нескольких цветовых систем. В последнем случае, если использование одной цветовой системы будет признано недостаточным для удовлетворения всех потребностей кинематографического процесса, необходимы однозначные алгоритмы преобразования данных из одной системы в другую. Если такая работа выполнена не будет, обмен цифровыми фильмовыми материалами будет приводить либо к искажениям цветопередачи, либо к необхо-

димости повторной цветоустановки всего фильма.

2. Как измерять? После выбора цветовой системы, в которой будут храниться результаты сканирования, необходимо решить следующий вопрос: как преобразовать измеренные «аппаратные» RGB в нужные нам координаты. Это преобразование уникально для каждого сканера и определяется спектральными характеристиками источника, приёмника, цветоделительной системы и, в общем случае, даже спектральным поглощением красителей сканируемого материала.

Для того чтобы при сканировании одного и того же изображения на любом сканере получались одинаковые результаты, необходимо разработать единую методику настройки и контроля цветоделительных характеристик сканеров, включающую разработку технологии, тестов, измерительного оборудования, программного обеспечения. В противном случае, цветное воспроизведение будет определяться сотрудником, работающим с отсканированным материалом, и авторы кинофильмов могут не узнать своих произведений в цифровых копиях.

### Выводы

1. Разработано устройство сканирования 70-мм широкоформатных фильмовых материалов, обеспечивающее минимальное усилие в лентопротяжном тракте на киноплёнку, минимальную возможность возникновения механических повреждений, возможность транспортирования материалов, имеющих деформированную (коробленную) основу, большую усадку, изменения размеров перфораций и т.д.

2. Устройство сканирования архивных 70-мм фильмов включает блок сканирования, ЛПМ, программное обеспечение управления его работой.

3. Определены задачи стандартизации процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму, хранения цифровых материалов, а также их метрологического обеспечения. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 19-252-2000.
2. РТМ 19-256-2000.
3. Ковалевская Н.С. Долгосрочное хранение исходных материалов кинофильмов. МТК 2008. № 1.
4. Комар В.Г. О создании системы особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме. МТК 2008. № 1.
5. [www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature).
6. Сычёв В.А. Основные параметры качества процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму. МТК 2008. №3.
7. Лобов С.В. Анализ использования сети хранения данных (SAN) при организации долговременных архивов цифровых копий фильмовых материалов. МТК 2008. № 1.
8. Лишин Л.Г. Сравнение различных видов носителей, используемых для записи цифровой аудиовизуальной информации и архивирования. МТК 2008. № 10.
9. Patterson R. Evaluating Density Metrics for Scanning Motion Picture Negatives. SMPTE Journal, 2008. May-June, P. 31-38.
10. [www.iar.com](http://www.iar.com)